

NHẬN DIỆN VÀ ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG MÔI TRƯỜNG - XÃ HỘI KHI TRIỂN KHAI LƯU GIỮ ĐỊA CHẤT CO₂ TẠI VIỆT NAM

**Trần Phi Hùng, Thái Cẩm Tú, Hoàng Thái Lộc, Lương Kim Ngân, Mai Thanh Trúc
Trần Thị Tú Anh, Phạm Chiến Thắng, Nguyễn Lệ Mỹ Nhân**

Viện Dầu khí Việt Nam (VPI), Hồ Chí Minh, 71320, Việt Nam

TỪ KHÓA

CCS, lưu giữ địa chất CO₂, tác động môi trường - xã hội, Tiền Hải, bể Cửu Long, bể Malay - Thổ Chu.

TÓM TẮT

Thu hồi và lưu giữ carbon (carbon capture and storage - CCS) là giải pháp quan trọng để giảm phát thải khí nhà kính, trong đó lưu giữ địa chất CO₂ đóng vai trò quyết định đến hiệu quả giảm phát thải dài hạn, song cũng tiềm ẩn rủi ro về môi trường và xã hội, đòi hỏi được nhận diện và quản lý ngay từ giai đoạn lựa chọn vị trí. Nghiên cứu này đánh giá các khía cạnh môi trường - xã hội chính khi triển khai lưu giữ địa chất CO₂ tại mỏ Tiền Hải (trên bờ), các bể Cửu Long và Malay - Thổ Chu (ngoài khơi). Trên cơ sở kết quả đánh giá định lượng và mô hình hóa các kịch bản rủi ro, nghiên cứu đề xuất các giải pháp quản lý và giám sát cụ thể theo từng khu vực (trên bờ và ngoài khơi), nhằm đảm bảo tính bền vững và khả thi của các dự án lưu giữ địa chất CO₂ trong quá trình triển khai tại Việt Nam.

1. Giới thiệu

Thu hồi và lưu giữ carbon (CCS) được nhiều tổ chức quốc tế và quốc gia coi là giải pháp chiến lược, đặc biệt đối với các ngành phát thải lớn và khó giảm phát thải triệt để. Theo thống kê của Global CCS Institute đến năm 2025, có 77 dự án CCS đang vận hành thương mại và 47 dự án CCS đang trong giai đoạn xây dựng. Tổng công suất thu giữ CO₂ đạt khoảng 64 triệu tấn/năm từ các dự án đang vận hành và khoảng 513 triệu tấn/năm nếu tính cả các dự án đang phát triển. Về phân bố, CCS tập trung chủ yếu tại Mỹ, Na Uy, Canada và Australia, là các quốc gia có chính sách hỗ trợ mạnh và hạ tầng năng lượng phát triển [1].

Theo Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu giai đoạn đến năm 2050 [2], Việt Nam đặt mục tiêu quốc gia giảm 43,5% phát thải khí nhà kính vào năm 2030 so với kịch bản phát triển thông thường (BAU); lượng phát thải đạt đỉnh vào năm 2035, sau đó giảm nhanh để đạt phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050. Trong đó, lĩnh vực năng lượng giảm 32,6% vào năm 2030 (không quá 457

triệu tấn CO₂ tương đương) và giảm 91,6% vào năm 2050 (không quá 101 triệu tấn CO₂ tương đương).

Việt Nam đang ở giai đoạn nghiên cứu tiền khả thi, đánh giá tiềm năng và xây dựng kịch bản phát triển CCS. Kết quả nghiên cứu cho thấy Việt Nam có tiềm năng lưu trữ lớn, ước tính khoảng 186 tỷ tấn CO₂, đủ đáp ứng nhu cầu lưu trữ trong nhiều thế kỷ; đồng thời có thể phát triển các cụm CCS với khả năng giảm phát thải khoảng 142 triệu tấn CO₂/năm [3]. Một số nghiên cứu kỹ thuật đã bước đầu đánh giá tính khả thi của CCS tại các mỏ dầu khí. Các nghiên cứu gần đây tập trung vào hoàn thiện cơ sở khoa học cho lưu trữ địa chất CO₂, bao gồm đánh giá đặc điểm tầng chứa, cơ chế lưu giữ và các yêu cầu về giám sát an toàn lâu dài, cũng như đề xuất xây dựng khung pháp lý và chính sách nhằm thúc đẩy triển khai CCS tại Việt Nam [4].

Trong chuỗi CCS, lưu giữ địa chất đóng vai trò then chốt nhằm đảm bảo CO₂ được cô lập an toàn trong thời gian dài. Tuy nhiên, hoạt động này đòi hỏi sử dụng không gian ngầm và bề mặt phạm



Bảng 1. Đánh giá tác động môi trường - xã hội khi triển khai các dự án lưu giữ CO₂ [5]

TT	Hạng mục	Mức độ	Diễn giải
1	Mức độ tác động	1	Không đáng kể (chỉ ảnh hưởng đến khu vực người thực hiện công việc).
		2	Tác động nhẹ (ảnh hưởng ít cho môi trường bên ngoài hay xung quanh).
		3	Tác động có hại, vi phạm yêu cầu pháp luật.
		4	Tác động có hại và đe dọa tới cuộc sống con người.
		5	Khẩn cấp: gây thiệt hại lâu dài và không thể khắc phục.
2	Khả năng xảy ra	1	Không xảy ra/chưa từng xảy ra.
		2	Xảy ra khoảng 3 tháng/lần.
		3	Xảy ra < 3 tháng/lần (không xảy ra hàng ngày).
		4	Xảy ra hàng ngày (nhưng không liên tục trong ngày).
		5	Xảy ra liên tục trong ngày.
3	Yêu cầu bên liên quan	1	Không yêu cầu.
		2	Có yêu cầu kiểm soát và công ty đã đáp ứng.
		3	Có yêu cầu kiểm soát nhưng công ty không đáp ứng.

vi lớn, có khả năng phát sinh các tác động đến môi trường tự nhiên, sức khỏe cộng đồng và các hoạt động kinh tế - xã hội.

Việc nghiên cứu, đánh giá sớm các khía cạnh môi trường - xã hội khi triển khai các dự án lưu giữ địa chất CO₂ tại các vị trí tiềm năng là yêu cầu cấp thiết nhằm hỗ trợ lựa chọn địa điểm, quản lý rủi ro và hoàn thiện cơ sở khoa học cho quá trình ra quyết định trong công tác quản lý môi trường của Tập đoàn Công nghiệp - Năng lượng Quốc gia Việt Nam (PETROVIETNAM) và các đơn vị khi triển khai các dự án lưu giữ địa chất trong tương lai.

2. Nhận diện và đánh giá tác động môi trường - xã hội khi triển khai dự án lưu giữ địa chất CO₂ tại các khu vực tiềm năng

Để xác định và đánh giá các khía cạnh môi trường - xã hội khi triển khai các dự án lưu giữ địa chất CO₂ tại Việt Nam, nghiên cứu này sử dụng phương pháp đánh giá tác động bán định lượng, áp dụng bộ tiêu chí đánh giá dựa trên mức độ tác động, khả năng xảy ra và các yêu cầu các bên liên quan (Bảng 1) như sau:

$$\text{Chỉ số tác động} = \frac{\text{Mức độ tác động} \times \text{Khả năng xảy ra}}{\text{Yêu cầu các bên liên quan}}$$

Trong đó:

- Chỉ số tác động > 10 được xem là tác động đáng kể, cần kiểm soát các khía cạnh môi trường và đưa ra các giải pháp quản lý.
- Chỉ số tác động < 10 được xem là tác động không đáng kể.
- Đối với các tình huống khẩn cấp: được xem là các tác động đáng kể cần phải có giải pháp quản lý/kiểm soát.

Trên cơ sở phân tích chuỗi hoạt động của dự án lưu giữ địa chất CO₂ (từ khảo sát, xây dựng, bơm ép, vận hành đến giám sát dài hạn), kết hợp với điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội đặc thù của từng khu vực, nghiên cứu đã xác định và đánh giá các khía cạnh môi trường - xã hội chính phát sinh khi triển khai các dự án lưu giữ địa chất CO₂ tại Việt Nam. Các khía cạnh này được phân tích cho cả khu vực trên bờ (mỏ Tiền Hải) và khu vực ngoài khơi (bể Cửu Long và bể Malay - Thổ Chu).

2.1. Chất thải và phát thải

Trong quá trình triển khai lưu giữ địa chất CO₂, các nguồn phát sinh chất thải chính được xác định gồm: khí thải từ hoạt động của hệ thống bơm ép, máy phát điện và các thiết bị phụ trợ; nước thải và dung dịch khoan thải, đặc biệt trong trường hợp khoan mới hoặc sửa chữa, hoàn thiện giếng bơm ép; mùn khoan và chất thải phát sinh từ hoạt động khoan, sửa giếng và bảo dưỡng thiết bị.

Kết quả đánh giá cho thấy các nguồn thải này có quy mô tương đối hạn chế so với các hoạt động thăm dò - khai thác dầu khí truyền thống, tuy nhiên cần được quản lý chặt chẽ do tính chất kéo dài và đặc thù của các dự án lưu giữ địa chất CO₂.

2.2. Rủi ro rò rỉ CO₂

Nguy cơ rò rỉ CO₂ được xác định là khía cạnh môi trường quan trọng nhất và mang tính đặc thù của các dự án lưu giữ địa chất CO₂. Các kịch bản rò rỉ tiềm tàng bao gồm: rò rỉ thông qua các giếng khoan cũ không đảm bảo tính toàn vẹn; rò rỉ qua các đới đứt gãy hoặc cấu trúc địa chất yếu; sự cố phun trào trong quá trình bơm ép với áp suất cao.

2.2.1 Đối với khu vực ngoài khơi

Rủi ro chính đối với môi trường được xác định là giảm pH cột nước biển [6]. Tham khảo một số kết quả mô hình hóa phát tán CO₂ từ một số dự án lưu giữ địa chất CO₂ trên thế giới điển hình là dự án lưu giữ địa chất CO₂ Greensand [7] với quy mô lưu giữ khoảng 10 triệu tấn CO₂ (thực hiện trong 8 năm) với kịch bản giả định phun trào xảy ra 1 năm sau khi bắt đầu bơm ép (trong trường hợp xấu nhất) sẽ dẫn đến việc giải phóng toàn bộ lượng CO₂ đã được bơm vào giếng. Kết quả mô phỏng phạm vi ảnh hưởng của sự cố cho thấy nồng độ pH thấp nhất trong khoảng 5,75 - 5,9 nằm trong vùng 50 m nhưng sau đó nhanh chóng tăng lên 6,95 - 7 chỉ sau 10 m. Đây cũng là mức pH phổ biến tại các vùng biển trên thế giới bao gồm cả vùng biển của bể Cửu Long và Malay - Thổ Chu. Do đó, rủi ro mức độ tác động tới hệ sinh thái khi triển khai lưu giữ địa chất CO₂ tại các mỏ dầu khí cận kề tại khu vực bể Cửu Long và Malay - Thổ Chu trong tương lai được dự báo cục bộ quanh điểm xảy ra phun trào.

2.2.2. Đối với khu vực trên bờ

Khu vực mỏ khí Tiền Hải sẽ triển khai dự án lưu giữ địa chất CO₂ thử nghiệm ở mức 1,85 triệu tấn CO₂ thực hiện trong 8 năm [3]. Tốc độ bơm ép xuống vỉa chứa ước tính 100 - 200 tấn/ngày. Khối lượng này được đánh giá là ở mức trung bình - thấp so với các dự án lưu giữ địa chất CO₂ trên thế giới, song vẫn tiềm ẩn nguy cơ rủi ro trong trường hợp xảy ra sự cố [6].

Các phương án được nhóm tác giả lựa chọn để chạy mô hình đánh giá phạm vi tác động của rò rỉ CO₂ bao gồm:

- Kịch bản giả định có rò rỉ qua các giếng đã đóng:
- + Kịch bản 1 - CO₂ rò rỉ tại vị trí phía Đông mỏ Tiền Hải C (khu vực giếng 69), lưu lượng rò rỉ 51 g/s.
- + Kịch bản 2 - CO₂ rò rỉ tại vị trí gần phía Tây Tiền Hải C (khu vực giếng 65), lưu lượng rò rỉ 51 g/s.
- Kịch bản giả định phun trào từ vỉa chứa với lượng CO₂ phun trào tương đương lượng CO₂ được bơm ép vào vỉa chứa (trường hợp sự cố xấu nhất):
- + Kịch bản 3 - CO₂ phun trào, lưu lượng 200.000 g/s.

Để dự báo phạm vi và nồng độ phân tán CO₂ khi xảy ra sự cố, nhiệm vụ sử dụng Mô hình phát tán khí thải BREEZE AERMOD/ISC 7. Dữ liệu đầu vào chạy mô hình gồm: hướng gió và vận tốc gió, độ che phủ của mây, độ bức xạ mặt trời thu thập tại trạm khí khu vực mỏ khí Tiền Hải trong giai đoạn 2022 - 2024, được tính toán và định dạng theo đúng yêu cầu nhập liệu mô hình.

Tác động của CO₂ theo từng mức nồng độ tới sức khỏe của con người dựa theo giới hạn an toàn lao động (OSHA/NIOSH) [8, 9]:

- Dưới 1.000 ppm: Được coi là nồng độ bình thường, an toàn cho sức khỏe.
- Trên 1.000 - 2.000 ppm: Có thể gây ra các triệu chứng như mệt mỏi, đau đầu, mất tập trung, cảm giác không khí tù đọng và có thể ảnh hưởng đến khả năng nhận thức.
- Từ 2.000 - 5.000 ppm: Gây ra các triệu chứng như buồn ngủ, nhịp tim tăng nhanh, buồn nôn và suy giảm khả năng nhận thức.
- Trên 5.000 ppm: Nồng độ nguy hiểm, có thể gây ngạt thở, rối loạn chức năng não, lú lẫn, mất ý thức và trong trường hợp nghiêm trọng có thể dẫn đến tử vong.

Đối với khu vực mỏ khí Tiền Hải, kết quả cho thấy:

- Trường hợp rò rỉ/phun trào nhỏ (rò rỉ qua các giếng cũ), nồng độ CO₂ ghi nhận không vượt ngưỡng 1.000 ppm (giá trị giới hạn gây triệu chứng nhẹ) do đó sẽ không gây ảnh hưởng cấp tính đến sức khỏe cho cư dân ngoài hàng rào công trình.

- Đối với rò rỉ/phun trào lớn với kịch bản phun trào 200 tấn/ngày (phun trào trong quá trình bơm ép), có thể gây ảnh hưởng đến sức khỏe người dân, phạm vi bán kính ảnh hưởng khoảng 270 m xung quanh điểm phun trào.

Kết quả mô hình cho thấy, trường hợp xấu nhất là xảy ra sự cố phun trào đối với dự án Tiền Hải sẽ ảnh hưởng đến các đối tượng cư dân trong phạm vi bán kính khoảng 270 m xung quanh vị trí bơm ép. Do đó, khi lựa chọn vị trí bố trí công trình bơm ép tại khu vực Tiền Hải cần lưu ý khoảng cách đến các khu dân cư xung quanh để đảm bảo an toàn trong các tình huống khẩn cấp.

2.3. Tác động đến hệ sinh thái

Tại khu vực trên bờ, các tác động sinh thái chủ yếu liên quan đến: Suy giảm chất lượng đất và chất lượng nước ngầm trong trường hợp xảy ra rò rỉ; ảnh hưởng gián tiếp đến hệ sinh thái nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản ven biển.

Đối với khu vực ngoài khơi, các tác động tập trung vào: Hệ sinh thái biển nhạy cảm như rạn san hô, cỏ biển và các khu vực bảo tồn; nguồn lợi thủy sản và chuỗi thức ăn biển trong trường hợp CO₂ hòa tan làm thay đổi cục bộ điều kiện hóa - sinh của môi trường nước.

2.4. Tác động đến kinh tế - xã hội

2.4.1. Sử dụng đất và sinh kế (khu vực trên bờ)

Tại khu vực mỏ Tiền Hải, việc triển khai dự án lưu giữ địa chất CO₂ có thể phát sinh các khía cạnh xã hội liên quan đến: đất cho

hạ tầng bề mặt (giếng bơm ép, trạm nén, đường ống), ảnh hưởng đến hoạt động sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản... Kết quả đánh giá cho thấy các tác động này có thể được kiểm soát ở mức thấp đến trung bình nếu dự án được tích hợp sớm vào quy hoạch sử dụng đất và thực hiện đầy đủ các hoạt động tham vấn cộng đồng.

2.4.2. Chống lấn không gian biển (khu vực ngoài khơi)

Đối với các dự án lưu giữ địa chất CO₂ ngoài khơi, khía cạnh xã hội nổi bật nhất là sự chống lấn không gian biển với các hoạt động khác gồm: hàng hải và vận tải biển, khai thác và nuôi trồng thủy sản, phát triển điện gió ngoài khơi, các khu vực ưu tiên quốc phòng - an ninh. Nghiên cứu cho thấy việc thiếu quy định cụ thể về phân bổ không gian ngầm dưới đáy biển cho hoạt động lưu giữ CO₂ có thể làm gia tăng nguy cơ xung đột lợi ích trong tương lai.

2.5. Trách nhiệm pháp lý và quản lý rủi ro dài hạn

Việt Nam chưa có quy định riêng về cấp phép và giám sát dài hạn đối với các kho lưu giữ địa chất CO₂ bao gồm cơ chế phân định trách nhiệm sau khi kết thúc giai đoạn bơm ép cũng như cơ chế tài chính và bảo hiểm cho rủi ro môi trường dài hạn. Khoảng trống pháp lý này làm gia tăng rủi ro xã hội và ảnh hưởng đến mức độ chấp nhận của các bên liên quan đối với các dự án lưu giữ địa chất CO₂. Kinh nghiệm từ các quốc gia trên thế giới cho thấy cần thiết phải có khung pháp lý rõ ràng, đặc biệt là giai đoạn sau khi dự án kết thúc vòng đời vận hành.

- Chuyển giao cho nhà nước

Quy định rõ ràng về khả năng chuyển giao trách nhiệm cho cơ quan nhà nước sau một khoảng thời gian xác định (các quốc gia thành viên EU: 20 - 30 năm) [10] kể từ khi đóng cửa, với điều kiện bên vận hành ban đầu đã chứng minh được tính ổn định và an toàn của kho lưu trữ.

- Đảm bảo tài chính

Yêu cầu bên vận hành lập một quỹ dự phòng hoặc cơ chế đảm bảo tài chính khác [11] để chi trả cho các chi phí sau đóng cửa (giám sát, can thiệp khắc phục, kiện tụng). Cơ chế này đảm bảo rằng người nộp thuế không phải chịu rủi ro tài chính nếu bên vận hành bị phá sản hoặc CO₂ bị rò rỉ sau khi chuyển giao.

- Yêu cầu kỹ thuật và thời gian giám sát

Việc chuyển giao trách nhiệm chỉ xảy ra khi địa điểm lưu trữ được chứng minh là ổn định và an toàn vĩnh viễn thông qua các chương trình giám sát, báo cáo và xác minh kéo dài [12]. Việc xây dựng hành lang pháp lý tích hợp kinh nghiệm quốc tế, đặc biệt về

cơ chế chuyển giao trách nhiệm và đảm bảo tài chính, là cấp thiết để tạo giảm thiểu rủi ro cho dự án.

3. Kết luận

Nghiên cứu đã hệ thống hóa và đánh giá các khía cạnh môi trường - xã hội chính trong quá trình triển khai các dự án lưu giữ địa chất CO₂ tại mỏ Tiền Hải, các bể trầm tích Cửu Long và Malay - Thổ Chu thông qua mô hình hóa kịch bản rủi ro. Kết quả nghiên cứu cho thấy CCS là giải pháp khả thi để giảm phát thải carbon, trên cơ sở kiểm soát đồng thời 4 nhóm rủi ro môi trường - xã hội mang tính đặc thù: rò rỉ CO₂, tác động đến hệ sinh thái, chống lấn không gian sử dụng và khoảng trống pháp lý trong giám sát trách nhiệm dài hạn sau khi dự án kết thúc vòng đời vận hành.

Việc ưu tiên triển khai thí điểm lưu giữ địa chất CO₂ tại các mỏ dầu khí đã khai thác cạn kiệt trên bờ, kết hợp với xây dựng chương trình quản lý, giám sát môi trường - xã hội ngay từ giai đoạn thiết kế dự án, được xem là hướng tiếp cận thận trọng và phù hợp với năng lực hiện tại của Việt Nam. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho quá trình hoạch định chính sách, lựa chọn địa điểm và xây dựng khung pháp lý cho các dự án lưu giữ địa chất CO₂ tại Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

- [1] Global CCS Institute, "Global status of CCS 2025". [Online]. Available: <https://www.globalccsinstitute.com/global-status-of-ccs/>.
- [2] Thủ tướng Chính phủ, *Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu giai đoạn đến năm 2050*, Quyết định số 896/QĐ-TTg ngày 26/7/2022.
- [3] Viện Dầu khí Việt Nam, *Lưu giữ CO₂ trong các thành tạo địa chất và đánh giá tiềm năng lưu trữ tại Việt Nam*, 2023.
- [4] PETROVIETNAM, *Đánh giá tiềm năng lưu trữ CO₂ tại Việt Nam và định hướng triển khai công nghệ CCS/CCUS cho PETROVIETNAM*, 2023.
- [5] Bộ Khoa học và Công nghệ, *Hệ thống quản lý môi trường - Các yêu cầu và hướng dẫn sử dụng, ISO 14001:2015*.
- [6] Scoping the environmental impacts of carbon capture, transport and storage.
- [7] INEOS, *Project Greensand future - environmental impact assessment report*, 2024.
- [8] U.S. Department of Labor, *Occupational safety and health (OSH) act*, 2004.

[9] National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *Pocket guide to chemical hazards - carbon dioxide*, 2016.

[10] European Union - *Carbon dioxide capture and storage directive*, 2009.

[11] Global CCS Institute (GCCSI), *CCS legal and regulatory review*, 2025.

[12] International Energy Agency (IEA), *Legal and regulatory review of carbon capture and storage*, 2013.

IDENTIFICATION AND ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL AND SOCIAL IMPACTS ASSOCIATED WITH GEOLOGICAL CO₂ STORAGE IMPLEMENTATION IN VIETNAM

**Tran Phi Hung, Thai Cam Tu, Hoang Thai Loc, Luong Kim Ngan
Mai Thanh Truc, Tran Thi Tu Anh, Pham Chien Thang, Nguyen Le My Nhan**

Vietnam Petroleum Institute (VPI), Ho Chi Minh, 71320, Viet Nam

KEY WORDS

CCS, geological CO₂ storage, environmental and social impacts, Tien Hai field, Cuu Long basin, Malay - Tho Chu basin.

ABSTRACT

Carbon capture and storage (CCS) is a key solution for reducing greenhouse gas emissions, with geological CO₂ storage playing a critical role in achieving long-term emission reduction. However, it also entails potential environmental and social risks that need to be identified and managed from the site selection stage. This study evaluates the key environmental and social aspects associated with geological CO₂ storage implementation at the Tien Hai field (onshore), the Cuu Long Basin, and the Malay - Tho Chu basin (offshore). Based on quantitative assessments and risk scenario modeling, the study proposes management and monitoring orientations tailored to different site types (onshore and offshore), aiming to ensure the sustainability and feasibility of geological CO₂ storage projects during their implementation in Vietnam.

Corresponding author: Email: hungtp.cpse@vpi.pvn.vn

Received: 6/3/2026; Revised: 6 - 27/3/2026; Accepted date:

This is an Open Access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)