

# ĐÁNH GIÁ VÀ ĐỀ XUẤT PHƯƠNG ÁN CÔNG NGHỆ LOẠI BỎ H<sub>2</sub>S TRONG KHÍ TỪ MỎ CÁ VOI XANH

Võ Thị Thương, Trần Vĩnh Lộc, Lê Dương Hải, Trần Nam Thanh  
Nguyễn Anh Tuấn, Lê Mai Phương, Huỳnh Minh Thuận  
Viện Dầu khí Việt Nam  
Email: thuongvt.pvpro@vpi.pvn.vn

## Tóm tắt

Mỏ khí Cá Voi Xanh dự kiến sẽ được đưa vào khai thác từ năm 2023, mở ra triển vọng mới cho ngành công nghiệp khí Việt Nam. Tuy nhiên, hàm lượng H<sub>2</sub>S trong khí Cá Voi Xanh cao (2.500ppmv), do đó cần có phương án loại bỏ H<sub>2</sub>S để tránh ảnh hưởng đến các hoạt động vận chuyển và chế biến khí. Công nghệ loại bỏ H<sub>2</sub>S khỏi khí thiên nhiên thường được sử dụng gồm hấp thụ, hấp phụ và màng. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã so sánh, đánh giá các công nghệ theo 2 hướng loại bỏ chọn lọc H<sub>2</sub>S và loại bỏ đồng thời H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub> nhằm đáp ứng các mục đích sử dụng khác nhau của khí sản phẩm. Kết quả đánh giá về mặt kỹ thuật cho thấy phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi (vật lý và amine) hoàn toàn thỏa mãn bộ tiêu chí về mặt kỹ thuật: H<sub>2</sub>S được loại bỏ chọn lọc xuống 30ppmv. Ngoài ra, nếu bổ sung cụm loại bỏ CO<sub>2</sub> có thể loại bỏ CO<sub>2</sub> về 8% thể tích trong khí sản phẩm. Kết quả đánh giá về mặt kinh tế cho thấy phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi vật lý có hiệu quả hơn với tổng mức đầu tư thấp hơn khoảng 14% so với phương án sử dụng dung môi amine trong cả 2 trường hợp loại bỏ chọn lọc H<sub>2</sub>S và loại bỏ đồng thời H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub>.

**Từ khóa:** Mỏ Cá Voi Xanh, công nghệ loại bỏ H<sub>2</sub>S, nhiên liệu cho nhà máy điện, nhiên liệu cho nhà máy hóa dầu.

## 1. Mở đầu

Hàm lượng H<sub>2</sub>S trong khí thiên nhiên từ mỏ Cá Voi Xanh khoảng 2.500ppmv, cao hơn nhiều so với nguồn khí được khai thác từ các mỏ dầu khí khác trong nước (mỏ Sư Tử Vàng/Sư Tử Trắng - 11,7ppmv, mỏ Tê Giác Trắng/Hải Sư Trắng/Hải Sư Đen - 0,4ppmv, mỏ Rạng Đông/Phương Đông - 7,3ppmv, mỏ Bạch Hổ/Rồng - 18,7ppmv, mỏ Cá Ngừ Vàng - 9ppmv, mỏ Đại Hùng tại điểm đầu vào đường ống Nam Côn Sơn 2 - 4ppmv, mỏ Thiên Ưng gần như không chứa khí H<sub>2</sub>S...) [1]. H<sub>2</sub>S có thể gây ăn mòn đường ống, turbine khí trong ngành công nghiệp điện khí, đầu độc xúc tác trong ngành công nghiệp hóa dầu và ảnh hưởng đến màu sắc và chất lượng sản phẩm trong các ngành sản xuất gốm sứ, gạch men, nhựa... [2 - 5]. Do đó, khí thiên nhiên từ mỏ Cá Voi Xanh cần được xử lý để loại bỏ H<sub>2</sub>S nhằm đáp ứng mục đích sử dụng của khí thương phẩm (30ppmv theo đề nghị của ExxonMobil).

Quá trình loại bỏ các hợp chất lưu huỳnh (chủ yếu là H<sub>2</sub>S) trong khí có thể được phân loại thành các quá trình hấp thụ (hóa học, vật lý và kết hợp), hấp phụ trên bề mặt chất rắn và công nghệ màng. Các công nghệ xử lý H<sub>2</sub>S và một số nhà bản quyền công nghệ được thể hiện trong Hình 1.

- Phương pháp hấp thụ

Phương pháp hấp thụ được sử dụng phổ biến để khử thô khí. Quá trình này thường được thực hiện với 2 pha

khí - lỏng. Độ lựa chọn của dung môi hấp thụ đối với các khí acid phụ thuộc vào ái lực hóa học hoặc ái lực vật lý. Có 3 nhóm hấp thụ chính như sau:

+ Hấp thụ bằng dung môi vật lý: Trong quá trình hấp thụ, các cấu tử cần tách hòa tan trong dung môi vật lý. Phương pháp này thường được sử dụng khi khí acid có áp suất riêng phần cao và không chứa nhiều hydrocarbon nặng. Dung môi vật lý thường là các dung môi hữu cơ như propylene carbonate, dimethyl tert polyethylene glycol, N-methyl pyrrolidone [6, 7];

+ Hấp thụ bằng dung môi hóa học: Trong quá trình hấp thụ xảy ra phản ứng hóa học giữa dung môi và các cấu tử cần tách. Dung môi hóa học gần như không phản ứng với hydrocarbon và cho phép loại bỏ khí acid triệt để hơn so với dung môi vật lý. Tuy nhiên, chi phí cho quá trình tái sinh dung môi cũng ở mức cao. Các dung môi hóa học thường được sử dụng là dung môi amine (MEA, DEA, DIPA, MDEA...) [8 - 11], dung môi carbonate (dung dịch kali carbonate...), dung môi có tính oxy hóa khử (dung dịch fertilizers...) [12], nhóm dung môi không tái sinh và hấp thụ scavenger.

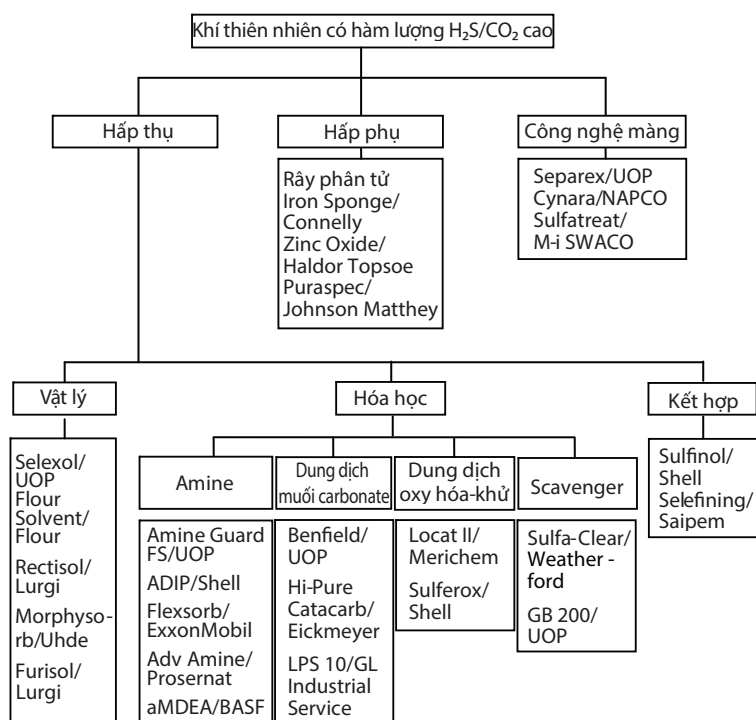
+ Hấp thụ bằng dung môi kết hợp: Dung môi kết hợp (vật lý và hóa học) thường là dung môi bản quyền của Sulfinol (Shell), Amisol (Lurgi), Selefining (Snamprogetti) [13].

- Phương pháp hấp phụ trên chất rắn

Quá trình hấp phụ được sử dụng phổ biến để khử tinh và cho hiệu quả cao. Quá trình này thường được sử dụng với 2 pha khí - rắn. Nguyên tắc hoạt động là sử dụng một pha rắn có bề mặt riêng lớn để giữ lại một cách chọn lọc trên bề mặt các cấu tử cần tách. Các chất hấp phụ thường sử dụng là zeolite và các oxide kim loại (oxide kẽm, oxide sắt, kiềm rắn...).

- Phương pháp màng

Phương pháp màng thường được áp dụng để khử thô khí acid [14, 15]. Dựa trên sự chênh lệch áp suất, nồng độ dung dịch hoặc các tác nhân khác (như điện thế, nhiệt độ...) mà các cấu tử cần tách có thể thẩm thấu qua màng lọc hoặc không. Để quá trình tách đạt hiệu quả, màng lọc phải thẩm thấu thật tốt đối với các tạp chất cần loại bỏ.



Nguồn: PVPro

Hình 1. Các công nghệ xử lý H<sub>2</sub>S và các nhà sản xuất tương ứng

Bảng 1. Đánh giá khả năng loại bỏ H<sub>2</sub>S về mặt kỹ thuật

Công nghệ	Tiêu chuẩn nguyên liệu			Tiêu chuẩn sản phẩm	Tính thương mại hóa và khẳng định từ nhà sản xuất
	Lưu lượng	Hàm lượng H <sub>2</sub> S	Hàm lượng CO <sub>2</sub>	Hàm lượng H <sub>2</sub> S	
Hấp thụ vật lý	Đ	Đ	Đ	Đ	Đ
Hấp thụ hóa học					
Amine	Đ	Đ	Đ	Đ	Đ
Dung dịch oxy hóa khử	K	K	Đ	Đ	K
Dung dịch carbonate	Đ	Đ	Đ	K	K
Scavenger	K	K	Đ	Đ	-
Hấp phụ	K	K	Đ	Đ	K
Màng	Đ	Đ	Đ	K	X

Ghi chú: Đ: Thỏa mãn tiêu chí; K: Không thỏa mãn tiêu chí; X: Xem xét

Bài báo phân tích một số công nghệ loại bỏ H<sub>2</sub>S, từ đó đề xuất phương án hiệu quả để loại bỏ H<sub>2</sub>S trong khí khai thác từ mỏ Cá Voi Xanh.

## 2. Đánh giá khả năng loại bỏ H<sub>2</sub>S về mặt kỹ thuật của các công nghệ

### 2.1. Phương pháp thực hiện

Trên cơ sở thông tin về mỏ khí Cá Voi Xanh và các công nghệ của nhà sản xuất, nhóm tác giả nghiên cứu các phương án loại bỏ chọn lọc H<sub>2</sub>S cũng như loại bỏ đồng thời H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub> để chọn công nghệ phù hợp về mặt kỹ thuật cho từng phương án. Tiếp theo, các phương án đạt về mặt kỹ thuật sẽ được xem xét đánh giá thông qua các chỉ tiêu kinh tế sơ bộ (tổng vốn đầu tư và mô hình kinh tế được lập để tính toán, so sánh hiệu quả tài chính) nhằm lựa chọn công nghệ phù hợp để loại bỏ H<sub>2</sub>S ra khỏi khí từ mỏ Cá Voi Xanh.

### 2.2. Đánh giá và so sánh các phương án

Công nghệ loại bỏ H<sub>2</sub>S được đánh giá dựa trên các tiêu chí kỹ thuật sau:

- Lưu lượng khí nguyên liệu (tối thiểu 7 tỷ m<sup>3</sup>/năm);
- Tính chất khí đầu vào (2.500ppmv H<sub>2</sub>S, 30% thể tích khí acid);
- Tính chất khí đầu ra (H<sub>2</sub>S < 30ppmv);
- Nhà cung cấp công nghệ phải có kinh nghiệm trong lĩnh vực xử lý khí có tính chất tương tự khí Cá Voi Xanh.

Ngoài các tiêu chí kỹ thuật trên, các yếu tố khác ảnh hưởng đến việc lựa chọn công nghệ

như: hàm lượng hydrocarbon thất thoát, chi phí hoạt động (điện, hơi nước, hóa phẩm)... sẽ được đánh giá cụ thể trong khi đánh giá hiệu quả kinh tế. Kết quả đánh giá về mặt kỹ thuật được thể hiện trong Bảng 2.

Một số nhận xét và phản hồi từ các nhà bản quyền công nghệ như sau:

- Với công nghệ hấp thụ vật lý, nhà bản quyền Lurgi đã xác nhận công nghệ Rectisol và Purisol được sử dụng để xử lý khí tổng hợp trong các ứng dụng khí hóa than, không thích hợp để xử lý khí thiên nhiên có lưu lượng lớn như khí từ mỏ Cá Voi Xanh. Nhà bản quyền Fluor cũng nhận định công nghệ Fluor Solvent không thể loại bỏ chọn lọc  $H_2S$ , do đó công nghệ này không thích hợp để xử lý khí  $H_2S$  trong dòng khí có nồng độ  $CO_2$  cao. Hiện tại, bằng phương pháp hấp thụ vật lý, chỉ có nhà bản quyền UOP đưa ra công nghệ Selexol và Uhde đưa ra công nghệ Morphosorb có khả năng xử lý dòng khí từ mỏ Cá Voi Xanh thỏa mãn yêu cầu.

- Với công nghệ hấp thụ hóa học, chỉ có phương án sử dụng dung môi amine là thỏa mãn các tiêu chí bắt buộc. Hiện nay, có 3 nhà bản quyền UOP, BASF, Uhde xác nhận là cung cấp được công nghệ xử lý khí acid bằng amine cho dòng khí từ mỏ Cá Voi Xanh cho cả 2 trường hợp loại bỏ chọn lọc  $H_2S$  và loại bỏ đồng thời  $H_2S$  và  $CO_2$ .

- Công nghệ loại bỏ khí acid bằng dung môi có tính oxy hóa khử (Locat, Sulferox...) chỉ xử lý được các dòng nguyên liệu có hàm lượng  $H_2S$  thấp, từ vài ppmv đến 1.000ppmv và năng suất xử lý khí acid của các phân xưởng rất thấp (khoảng 1 triệu  $ft^3$  chuẩn/ngày) nên không phù hợp cho dự án loại bỏ  $H_2S$  trong khí từ mỏ Cá Voi Xanh. Theo phản hồi trực tiếp từ Merichem, công nghệ Locat không phù hợp để xử lý khí từ mỏ Cá Voi Xanh do lưu lượng khí đầu vào quá lớn. Mặt khác, các công nghệ chuyển hóa trực tiếp  $H_2S$  thành lưu huỳnh nguyên tố thường được sử dụng trong lĩnh vực thu hồi lưu huỳnh hơn là xử lý khí thiên nhiên.

- Phương pháp hấp thụ bằng dung môi carbonate chủ yếu được ứng dụng trong lĩnh vực xử lý  $CO_2$ , dùng để loại bỏ  $CO_2$  đến hàm lượng nhỏ hơn 500ppmv và loại bỏ kèm theo một lượng lớn  $H_2S$ . Công nghệ này không thể loại bỏ chọn lọc  $H_2S$ , do đó không phù hợp với dòng khí có tỷ lệ  $H_2S:CO_2$  rất thấp như khí mỏ Cá Voi Xanh. UOP xác nhận công nghệ Benfield (sử dụng dung môi  $K_2CO_3$ ) chỉ được ứng dụng trong lĩnh vực xử lý  $CO_2$  và loại bỏ thô  $H_2S$ , công nghệ này hoàn toàn không phù hợp cho lĩnh vực loại bỏ tinh  $H_2S$ .

- Phương pháp scavenger chỉ có hiệu quả với các nguồn khí có lưu lượng nhỏ hoặc hàm lượng khí chua thấp, hoàn toàn không phù hợp với việc xử lý nguồn khí có lưu lượng lớn và hàm lượng  $H_2S$  cao như khí từ mỏ Cá Voi Xanh.

- Tương tự công nghệ xử lý khí bằng dung môi oxy hóa khử, công nghệ hấp phụ không thỏa mãn tiêu chí về khả năng xử lý hàm lượng  $H_2S$  trong dòng nguyên liệu đầu vào. Thông thường, công nghệ hấp phụ chỉ xử lý được khí chứa 300 - 500ppmv  $H_2S$ , lưu lượng dòng khí cần xử lý dao động trong khoảng 3 triệu  $ft^3$  chuẩn/ngày. Thông tin nhận được từ nhà bản quyền Haldor Topsoe khẳng định công nghệ hấp phụ bằng ZnO chỉ được sử dụng để loại bỏ  $H_2S$  với hàm lượng nhỏ. Đối với nguồn khí từ mỏ Cá Voi Xanh, Haldor Topsoe nhận định việc sử dụng công nghệ này sẽ không đem lại hiệu quả do chi phí cho chất hấp phụ quá lớn.

- Phương pháp màng lọc ứng dụng chủ yếu cho mục đích tách thô  $CO_2$  trong dòng khí có áp suất riêng phần của khí acid cao. Màng lọc không thể tách chọn lọc  $H_2S$ . Khi tính toán phương pháp màng cho xử lý khí acid cho dòng khí từ mỏ Cá Voi Xanh, UOP đã ước tính khí sau xử lý có hàm lượng  $H_2S$  khoảng 800ppmv và  $CO_2$  10% thể tích, không đáp ứng tiêu chí bắt buộc về hàm lượng khí acid trong sản phẩm. Mặt khác, lượng hydrocarbon thất thoát khi sử dụng phương pháp màng khá lớn, ước tính 8 - 15% thể tích đối với màng một giai đoạn và 2% thể tích đối với màng hai giai đoạn. Do đó, công nghệ màng cũng không được xem xét để sử dụng xử lý khí từ mỏ Cá Voi Xanh.

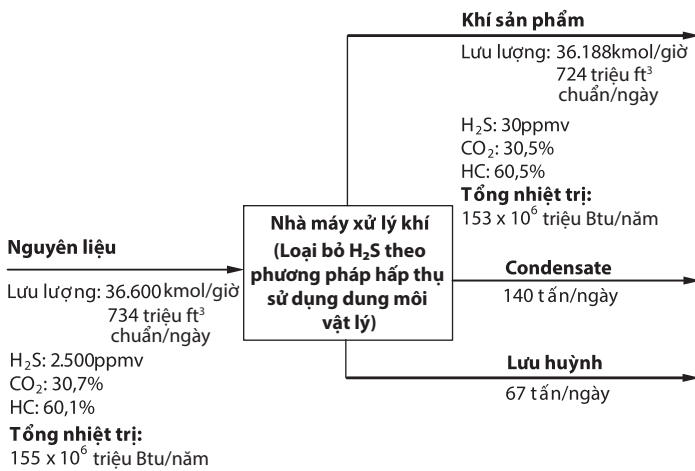
Dựa trên các tiêu chí kỹ thuật ban đầu, kết quả đánh giá cho thấy chỉ có phương án hấp thụ bằng dung môi vật lý (điển hình là công nghệ Selexol) và phương án hấp thụ bằng dung môi amine (điển hình là công nghệ AGFS) thỏa mãn các yêu cầu đặt ra. Riêng phương án màng có thể xem xét khi sử dụng kết hợp với một phương án xử lý khí acid khác (thường là hấp thụ) trong trường hợp loại bỏ đồng thời  $H_2S$  và  $CO_2$ .

Các phương án loại bỏ  $H_2S$  bằng phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi vật lý và hấp thụ sử dụng dung môi amine cụ thể như sau:

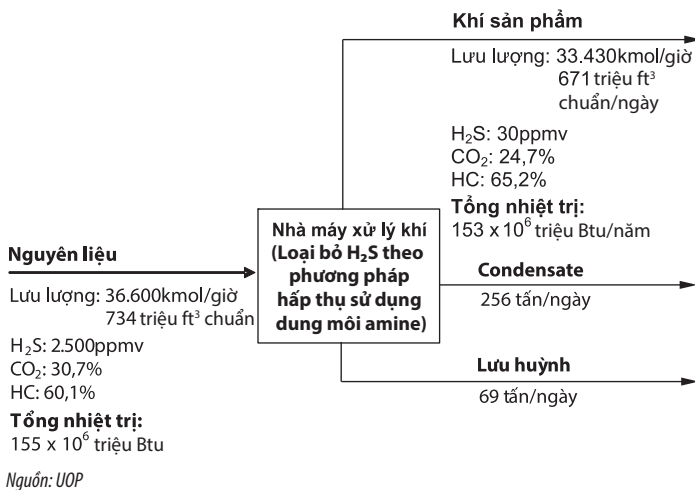
- Phương án loại bỏ chọn lọc  $H_2S$ :

Phương án loại bỏ chọn lọc  $H_2S$  áp dụng trong trường hợp khí chủ yếu được sử dụng để sản xuất điện và một số sản phẩm hóa dầu (như methanol...) có khả năng sử dụng khí có hàm lượng  $CO_2$  cao (30 - 40% thể tích).

Hiện nay, các turbine sản xuất điện truyền thống ở nước ta sử dụng nguồn nguyên liệu là khí có nhiệt trị cao ( $CH_4 \geq 90\%$  thể tích), tuy nhiên các nhà sản xuất turbine lớn trên thế giới (GE, Siemens, Mitsubishi và Alstom) xác nhận có thể sử dụng khí nhiệt trị thấp ( $N_2$  và  $CO_2$  lên đến 30 - 50% thể tích) cho mục đích sản xuất điện và đã xây dựng các nhà máy điện thương mại trên thế giới [16]. Các công nghệ mới sản xuất các sản phẩm hóa dầu từ khí có hàm lượng  $CO_2$  cao đã được nghiên cứu áp dụng tuy không phổ biến như công nghệ sản xuất methanol (bản quyền của Haldor Topsoe [17]).



**Hình 2.** Sơ đồ khối thu gọn của nhà máy xử lý khí loại bỏ chọn lọc  $H_2S$  theo phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi vật lý



**Hình 3.** Sơ đồ khối thu gọn của nhà máy xử lý khí loại bỏ chọn lọc  $H_2S$  theo phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi amine

**Bảng 3.** Giới hạn hàm lượng  $CO_2$  và  $H_2S$  trong khí đầu vào của Phân xưởng ammonia - Nhà máy Đạm Cà Mau [18]

Thành phần khí đầu vào	Đơn vị	Thiết kế
$CO_2$	%mol	8,00
Sulphur	$H_2S$ , max	mg/m <sup>3</sup> 10
	Mercaptans, max	mg/m <sup>3</sup> 11

Hình 2 và 3 thể hiện sơ đồ khối thu gọn của nhà máy xử lý khí loại bỏ chọn lọc  $H_2S$  theo phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi vật lý và phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi amine. Sản phẩm thu được của 2 phương án tách gồm khí khô, condensate và lưu huỳnh nguyên tố.

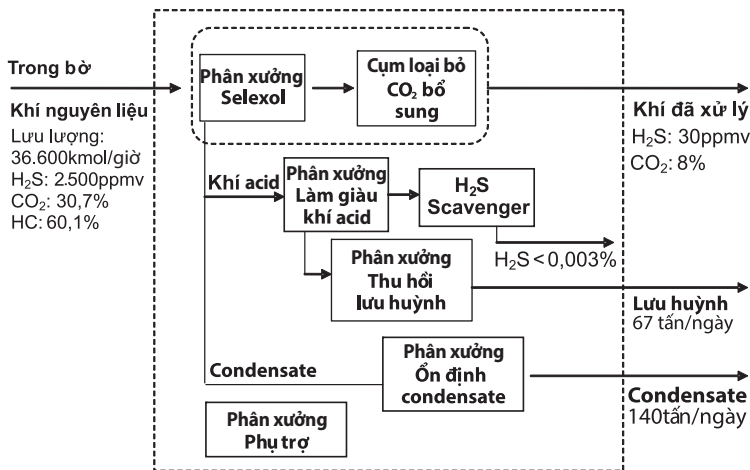
Phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi vật lý và dung môi amine đều đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật. Phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi vật lý có ưu thế hơn do khả năng loại bỏ chọn lọc  $H_2S$  cao, hấp thụ đồng thời các hợp chất lưu huỳnh hữu cơ ( $RSH, COS, CS_2$ ) và hỗ trợ cho việc giảm điểm sương của khí. Ngoài ra, dòng khí acid thu được từ nhà máy xử lý khí có hàm lượng  $H_2S$  68% thể tích cao hơn nhiều so với phương pháp amine 27% thể tích, thuận lợi hơn cho quá trình thu hồi lưu huỳnh ở giai đoạn tiếp theo. Tuy nhiên, phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi vật lý có nhược điểm là hàm lượng hydrocarbon thất thoát 0,36% thể tích lớn hơn so với phương án hấp thụ sử dụng dung môi amine 0,16% thể tích.

- Phương án loại bỏ đồng thời  $H_2S$  và  $CO_2$

Phương án loại bỏ đồng thời  $H_2S$  và  $CO_2$  được xem xét áp dụng trong trường hợp sử dụng khí Cá Voi Xanh để sản xuất điện, làm nhiên liệu đốt cho các hệ công nghiệp và nguyên liệu sản xuất sản phẩm hóa dầu như urea theo công nghệ truyền thống hiện đang áp dụng cho nguồn khí giàu  $CO_2$  tại Việt Nam như khí PM3 (Bảng 3). Dòng khí từ mỏ PM3 có hàm lượng  $CO_2$  dao động từ 16 - 66% thể tích cũng được xử lý ngoài giàn nhằm giảm hàm lượng  $CO_2$  xuống khoảng 8% thể tích trong khí thương phẩm [14].

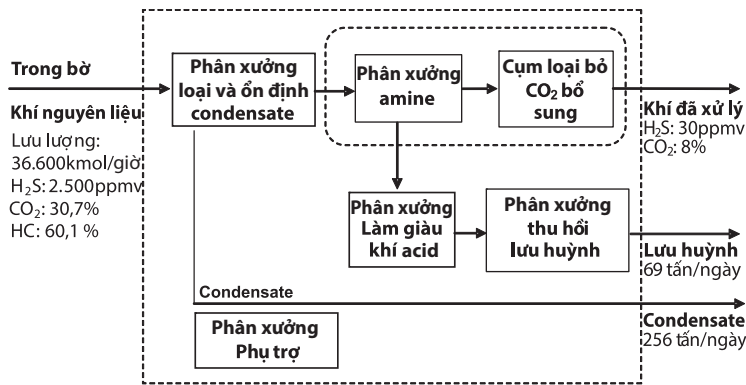
Phương án loại bỏ đồng thời  $H_2S$  và  $CO_2$  bằng phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi vật lý và dung môi amine được mô tả lần lượt trong Hình 5 và 6. Theo xác nhận từ nhà bản quyền [19], 2 loại dung môi này đều có thể đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật, cho phép loại bỏ  $H_2S$  xuống 30ppmv. So với phương án loại bỏ chọn lọc  $H_2S$ , phương án loại bỏ đồng thời được bổ sung một cụm loại bỏ  $CO_2$ , đảm bảo loại bỏ  $CO_2$  xuống 8% thể tích trong khí sản phẩm.

Hình 4 mô tả phương án loại bỏ  $H_2S$  và  $CO_2$  bằng phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi vật lý. Trong giai đoạn đầu tiên, chỉ có phần lớn  $H_2S$  được hấp thụ, hàm lượng khí  $H_2S$  trong dòng khí sản phẩm giảm xuống < 30ppmv trong khi hàm lượng  $CO_2$  gần như không đổi (30,7 xuống 30,4% thể tích). Phần lớn  $CO_2$



Nguồn: UOP

**Hình 4.** Sơ đồ khối thu gọn của nhà máy xử lý khí loại bỏ đồng thời H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub> theo phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi vật lý



Nguồn: UOP

**Hình 5.** Sơ đồ khối thu gọn của nhà máy xử lý khí loại bỏ đồng thời H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub> theo phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi amine

được loại bỏ ra ở giai đoạn thứ 2 (< 8%), đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật của khí thương phẩm. Dòng khí chua sau khi ra khỏi thiết bị hấp thụ đầu tiên được đưa qua phân xưởng làm giàu khí acid để làm tăng nồng độ H<sub>2</sub>S trong khí, sau đó đi vào phân xưởng thu hồi lưu huỳnh.

Hình 5 mô tả phương án loại bỏ H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub> bằng phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi amine. Dòng khí nguyên liệu sau khi đi qua phân xưởng hấp thụ thứ nhất, phần lớn khí H<sub>2</sub>S được loại bỏ (< 30ppmv), khí CO<sub>2</sub> được loại bỏ một phần (từ 30,7 xuống 24,5% thể tích). Dòng khí này tiếp tục đi qua cụm hấp thụ amine bổ sung, cho phép loại bỏ phần lớn CO<sub>2</sub>, thu được dòng khí thương phẩm (< 30ppmv H<sub>2</sub>S và 8% thể tích CO<sub>2</sub>). Dòng khí chua sau khi ra khỏi thiết bị hấp thụ đầu tiên được đưa qua phân xưởng làm giàu khí acid để làm tăng nồng độ H<sub>2</sub>S trong khí, sau đó đi vào phân xưởng thu hồi lưu huỳnh.

**2.3. Đánh giá hiệu quả kinh tế của các phương án công nghệ loại bỏ H<sub>2</sub>S**

Tổng vốn đầu tư được xác định dựa theo số liệu của các nhà bản quyền công nghệ, có xét đến một số chi phí khác theo kinh nghiệm

của Viện Dầu khí Việt Nam (VPI). Tổng mức đầu tư của phương án hấp thụ sử dụng dung môi vật lý ước tính thấp hơn khoảng 14% so với phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi amine cho cả 2 trường hợp loại bỏ chọn lọc H<sub>2</sub>S và loại bỏ đồng thời H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub>.

Tổng chi phí loại bỏ H<sub>2</sub>S được tính toán dựa trên các thông tin từ nhà bản quyền, với thời gian hoạt động của nhà máy xử lý khí là 347 ngày/năm, nhà máy hoạt động 100% công suất kể từ năm đầu tiên, giá khí gas định là 10 USD/triệu Btu.

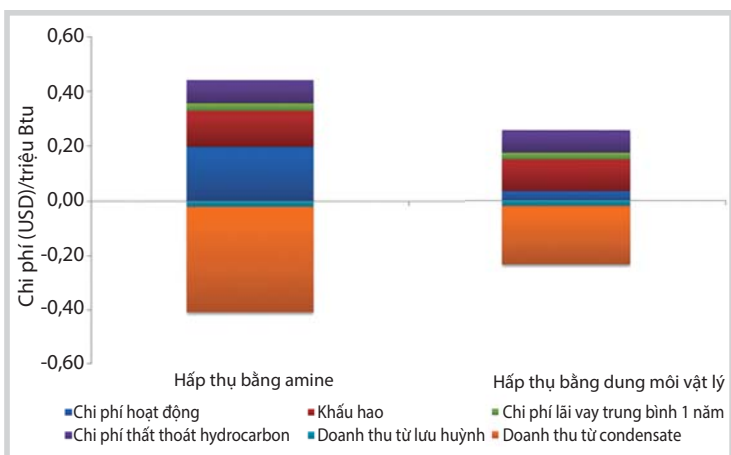
Hình 6 và 7 mô tả sự so sánh tương đối chi phí loại bỏ chọn lọc H<sub>2</sub>S và loại bỏ đồng thời H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub> cho 2 phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi vật lý và hấp thụ sử dụng dung môi amine.

Kết quả tính toán so sánh cho thấy, tổng chi phí loại bỏ chọn lọc H<sub>2</sub>S và loại bỏ đồng thời H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub> bằng phương án hấp thụ sử dụng dung môi vật lý thấp hơn so với sử dụng dung môi amine. Do đó, phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi vật lý phù hợp cho phương án loại bỏ đồng thời H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub> ra khỏi khí từ mỏ Cá Voi Xanh.

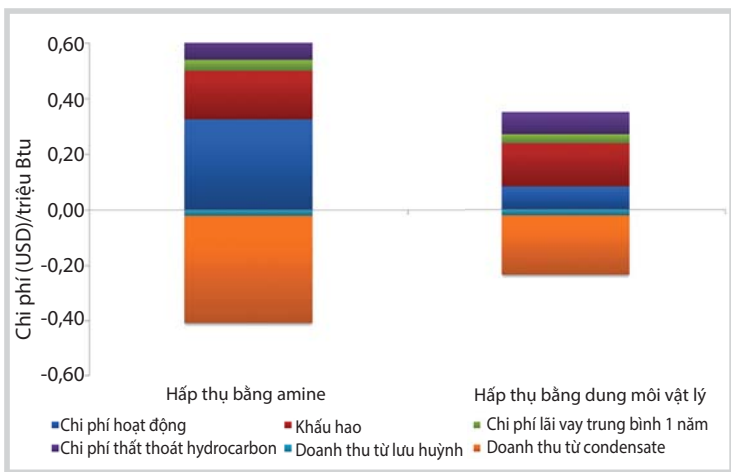
Trong trường hợp sử dụng dung môi vật lý, tổng chi phí loại bỏ đồng thời H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub> ước tính cao gấp 5 lần so với phương án loại bỏ chọn lọc H<sub>2</sub>S. Do đó, đối với các nguồn tiêu thụ có khả năng sử dụng khí có hàm lượng CO<sub>2</sub> cao (sản xuất điện và một số sản phẩm như CH<sub>3</sub>OH, NH<sub>3</sub>...) nên áp dụng phương pháp loại bỏ chọn lọc H<sub>2</sub>S. Trong trường hợp khí thương phẩm được sử dụng cho các mục đích sản xuất hóa dầu hoặc để cung cấp cho các hệ tiêu thụ có yêu cầu hàm lượng CO<sub>2</sub> thấp, cần loại bỏ đồng thời H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub>.

**2.4. Đánh giá địa điểm xây dựng nhà máy xử lý khí**

Việc lựa chọn địa điểm xử lý khí có ảnh hưởng trực tiếp đến công nghệ xử lý và tính kinh tế của dự án. Quá trình xử lý khí ngoài giàn khai thác có nhược điểm khó khăn trong quá trình lắp đặt, vận hành và mở rộng hệ thống, chi phí lắp đặt cao. Qua tham khảo ý kiến của các nhà bản quyền (như UOP, Uhde, BASF), với lưu lượng



Hình 6. So sánh tương đối chi phí loại bỏ chọn lọc H<sub>2</sub>S



Hình 7. So sánh tương đối chi phí loại bỏ đồng thời H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub>

khí lớn và hàm lượng H<sub>2</sub>S cao, thì phương án hấp thụ sử dụng dung môi ngoài giàn khó thực hiện do yêu cầu về diện tích lắp đặt, hóa phẩm xử lý, an toàn vận hành nhà máy cũng như vấn đề thu hồi lưu huỳnh... Trong khi đó, công nghệ màng thường sử dụng để xử lý khí acid giàu CO<sub>2</sub> ngoài giàn, tuy nhiên, công nghệ này có lượng hydrocarbon mất mát lớn. Theo nghiên cứu của UOP khi áp dụng công nghệ màng để xử lý khí Cá Voi Xanh, dòng khí sản phẩm chứa khoảng 10% thể tích CO<sub>2</sub> và 800ppmv H<sub>2</sub>S, không đáp ứng được tiêu chí bắt buộc là hàm lượng H<sub>2</sub>S trong sản phẩm ≤ 30ppmv. Ngoài ra, lượng khí acid thoát ra ước tính chứa 60 tấn lưu huỳnh/giờ, với diện tích nhỏ ở ngoài khơi, lượng khí này sẽ không được xử lý mà đem đốt trực tiếp sẽ không đáp ứng tiêu chuẩn về an toàn môi trường đối với khí thải. Mặt khác, chi phí đầu tư đường ống vận chuyển khí sau khi xử lý từ ngoài giàn vào bờ chỉ giảm 19 triệu USD do chất lượng khí được vận chuyển tốt hơn so với trường hợp không xử lý khí ngoài giàn. Đây là một khoản chi phí tương đối nhỏ so với tổng vốn đầu tư của hệ thống đường ống. Do đó, phương án xây dựng nhà máy xử lý khí H<sub>2</sub>S từ mỏ khí Cá Voi Xanh trên bờ sẽ hiệu quả hơn so với với phương án xây dựng ngoài khơi.

### 3. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy việc lắp đặt nhà máy xử lý H<sub>2</sub>S trên bờ có tính khả thi cao và đem lại hiệu quả hơn so với trường hợp lắp đặt ngoài khơi. Trong các phương án loại bỏ H<sub>2</sub>S ra khỏi khí Cá Voi Xanh, phương án hấp thụ đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật: H<sub>2</sub>S có thể được loại bỏ chọn lọc xuống 30ppmv; CO<sub>2</sub> có thể được loại bỏ xuống 8% thể tích hoặc không cần loại bỏ tùy theo yêu cầu sử dụng của khách hàng cuối. Kết quả đánh giá chi tiết về hiệu quả kinh tế cho thấy tổng mức đầu tư của phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi vật lý ước tính thấp hơn khoảng 14% so với phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi amine cho cả hai phương án loại bỏ chọn lọc H<sub>2</sub>S và loại bỏ đồng thời H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub>. Do đó, phương pháp hấp thụ sử dụng dung môi vật lý là phù hợp nhất cho phương án loại bỏ H<sub>2</sub>S ra khỏi khí mỏ Cá Voi Xanh. Ngoài ra, tùy theo mục đích sử dụng của nguồn khí sau xử lý mà xem xét lựa chọn phương án xử lý thích hợp. Trong trường hợp sử dụng cho turbine khí nhiệt trị thấp và cho một số sản phẩm hóa dầu như CH<sub>3</sub>OH... có thể lựa chọn phương án loại bỏ chọn lọc H<sub>2</sub>S. Nếu khí được sử dụng để bán cho các nhà máy điện sử dụng công nghệ truyền thống, các hộ công nghiệp hay nhà máy sản xuất urea có thể sử dụng phương án loại bỏ đồng thời H<sub>2</sub>S và CO<sub>2</sub>.

### Tài liệu tham khảo

1. Tổng công ty Khí Việt Nam - CTCP (PV Gas). *Tách ethane tại Nhà máy Xử lý khí Dinh Cố từ hỗn hợp nguồn khí bể Cửu Long và bể Nam Côn Sơn - Thành phần và sản lượng khí phục vụ công tác thiết kế*. 2013.
2. Pradyot Patnaik. *Handbook of inorganic chemicals*. 2001.
3. OSHA. *Occupational safety and health administration: Fact sheet - hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S)*. 10/2005.
4. Bộ Y tế. *Quyết định về ban hành 21 tiêu chuẩn vệ sinh lao động, 05 nguyên tắc và 07 thông số vệ sinh lao động*. Số 3733/2002/QĐ-BYT. 2002.
5. Bộ Tài nguyên và Môi trường. *Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về một số chất độc hại trong không khí xung quanh*. QCVN 06:2009/BTNMT. 2009.

6. Marco Bergel, Ignacio Tierno. *Sweetening technologies - A look at the whole picture*. 2004.
7. UOP. *UOP Selexol™ technology for acid gas remove*. 2009.
8. Gulf Professional Publishing. *Gas processing handbook*. 2012.
9. Maurice Stewart, Ken E. Arnold. *Gas sweetening and processing field manual*. Elsevier. 2011.
10. BASF. *Blue Whale Project: Selective H<sub>2</sub>S removal unit*. PVPro, Vietnam. 2014.
11. Uhde. *Technical information, H<sub>2</sub>S removal plant Blue Whale gas field*. PVPro, Vietnam. 2014.
12. Gary J. Nagl. *The state of liquid redox*. Gas Technology Products. 2004.
13. Arthur L. Kohl, Richard B. Nielsen. *Gas Purification*. Elsevier. 1997.
14. UOP. *Development of natural gas fields with high CO<sub>2</sub> in Vietnam*. 2009.
15. US Department of Energy/National Renewable Energy Laboratory (NREL). *Acid gas removal technology survey and screening thermochemical ethanol synthesis*. 2009.
16. Roointon Pavri, Gerald D. Moore. *Gas turbine emissions and control*. GE Power Systems. 2009.
17. Hador Topsoe. *Blue Whale CO<sub>2</sub>-rich NG utilization 3000 MTPD MeOH, 1-step reforming*. PVPro, Vietnam. 2014.
18. Wuhan Engineering Co., LTD. *Ca Mau Fertilizer Plant - Ammonia Unit, Design Basis of Ammonia Unit*.
19. UOP. *13114 Blue Whale project*. PVPro, Vietnam. 2014.

## Evaluating and proposing technology for removal of H<sub>2</sub>S from Ca Voi Xanh gas

**Vo Thi Thuong, Tran Vinh Loc, Le Duong Hai, Tran Nam Thanh  
Nguyen Anh Tuan, Le Mai Phuong, Huynh Minh Thuan**  
Vietnam Petroleum Institute  
Email: [thuongvt.pvpro@vpi.pvn.vn](mailto:thuongvt.pvpro@vpi.pvn.vn)

### Summary

***Ca Voi Xanh gas field is expected to be put into production in 2023, opening new prospects for Vietnam's gas industry. However, H<sub>2</sub>S content in Ca Voi Xanh gas is quite high (approximately 2.500ppmv), thus it should be removed to avoid adverse effects on gas transporting and processing afterward. The absorption, adsorption and membrane technologies are normally used for removing H<sub>2</sub>S from natural gas. In this study, the authors compared and evaluated these technologies in 2 directions: removing H<sub>2</sub>S selectively or CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S simultaneously to meet the different requirements of treated gas. The result showed that solvent absorption technology can fully meet the technical requirements: H<sub>2</sub>S can be selectively removed down to 30ppmv and furthermore CO<sub>2</sub> can be removed to 8%vol in treated gas if an additional separator is invested. In addition, the authors found that physical solvent technology is more effective than the amine solvent one, with a total investment being 14% lower than in both cases of selective separation of H<sub>2</sub>S or simultaneous separation of H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub>.***

**Key words:** *Ca Voi Xanh gas field, H<sub>2</sub>S removal technology, fuel gas for power plants, raw material for petrochemical plants.*