



(12) **BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**

CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 

1-0019893

(51)⁷ **E21B 43/16**

(13) **B**

(21) 1-2014-00629

(22) 28.07.2011

(86) PCT/EP2011/063013 28.07.2011

(87) WO2013/013721 31.01.2013

(45) 25.10.2018 367

(43) 26.05.2014 314

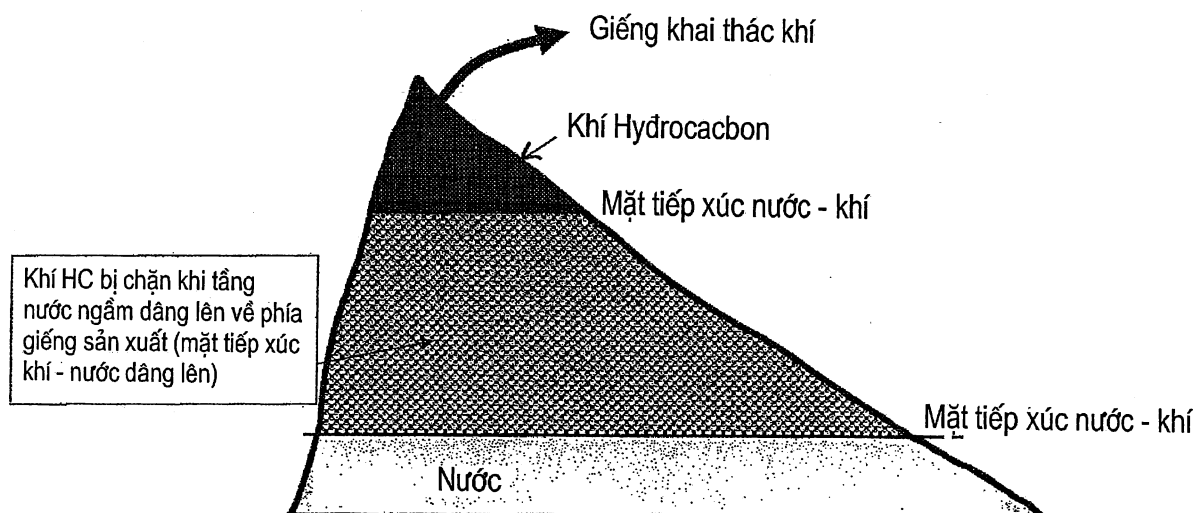
(73) STATOIL PETROLEUM AS (NO)
N-4035 Stavanger, NORWAY

(72) Lars HOIER (NO), Halvor KJORHOLT (NO), Kjersti HALAND (NO), Erik SKJETNET (NO)

(74) Công ty cổ phần tư vấn Trung Thực (TRUNG THUC.,JSC)

(54) **PHƯƠNG PHÁP THU HỒI KHÍ HYĐROCACBON**

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp tận thu khí hydrocacbon từ vỉa chứa cạn trữ lượng hoặc đã cạn một phần kết hợp với cacbon đioxit chứa trong đó, phương pháp này bao gồm các bước phun cacbon đioxit ở trạng thái siêu tới hạn vào trong vỉa chứa chủ yếu là khí hydrocacbon để việc càng hóa cacbon đioxit trong đó và đồng thời khai thác khí hydrocacbon từ vỉa. Khí cacbon đioxit được phun tại hoặc gần với phần thấp nhất của vỉa khí hoặc tại điểm tiếp xúc của nước và khí nếu có mặt tầng ngậm nước.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới phương pháp cải tiến để tận thu khí hydrocacbon từ các vỉa khí chưa cạn trữ lượng hoặc đã cạn một phần, cụ thể nhưng không chỉ đối với các vỉa khí tự nhiên khô có dòng ở tầng ngậm nước.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các vỉa khí có thể được chia thành hai loại theo cấu trúc thu hồi chính của chúng, cụ thể là (i) vỉa dẫn động bằng nước và (ii) vỉa dẫn động bằng khí giãn nở. Vỉa dẫn động bằng nước có dòng ở tầng ngậm nước mạnh giúp duy trì áp suất của vỉa. Các giếng được khai thác theo phân đoạn có tốc độ không đổi trong một vài năm và sau đó được khai thác với tốc độ giảm dần đến khi nước xuyên thủng. Mức thu hồi khí của các vỉa dẫn động bằng nước thường chỉ nằm trong khoảng từ 40% đến 70% của khí ban đầu trong vị trí trong vỉa. Các vỉa dẫn động bằng khí giãn nở được khai thác tại đoạn bằng không đổi trong một vài năm và sau đó được khai thác với tốc độ giảm dần đến khi áp suất của vỉa thấp đến mức mà tốc độ khai thác không còn kinh tế nữa. Mức thu hồi khí của các vỉa dẫn động bằng khí giãn nở thường nằm trong khoảng từ 70% đến 90%.

Các lý do của mức thu hồi thấp của các vỉa dẫn động bằng nước là khí hydrocacbon bị nước bẫy do rất nhỏ/mao dẫn với một lượng lên đến 50% lượng bão hòa khí bị bẫy. Ngoài ra, khí bị nước bỏ qua rất lớn và khí chưa được khai thác còn lại có áp suất/tỷ trọng cao.

Do đó, phần lớn khí trong vỉa dẫn động bằng nước được giữ lại do mao dẫn bị bẫy. Khí bị bẫy này được mong muốn có thể được thu hồi do nó cho thấy trữ lượng khí đáng kể. Phần thể tích lỗ rỗng có khí hydrocacbon bị bẫy có thể lên đến 50%. Rõ ràng rằng, có nhu cầu về phương pháp cho phép thu hồi được ít nhất từ 80% đến 90% trữ lượng khí.

Các phân tích đã đề xuất rằng cacbon đioxit có thể được phun vào trong các vỉa khí cạn trữ lượng để tận thu metan (SPE 74367 SPE 74367 “CO₂ Injection for

Enhanced Gas Production and Carbon Sequestration. Curtis M. Oldenburg and Sally M. Benson, 2002). Tuy nhiên, về mặt thương mại thì phương pháp này đã không được thực hiện do lo ngại về sự trộn lẫn của khí cacbon đioxit với khí metan tự nhiên sẽ dẫn đến sự giảm sút về giá trị của khí tự nhiên còn lại. Áp lực của việc phun khí có thể còn dẫn đến sự nứt gãy của thành hệ, dẫn đến sự rò rỉ của cacbon đioxit mà hẳn là điều không được mong muốn. Do đó, nói chung cần tránh phun khí cacbon đioxit (CO_2) vào trong các khu khai thác khí.

Việc càng hóa địa chất của cacbon đioxit đã được nghiên cứu rộng rãi như cách giảm thiểu việc xả thải cacbon đioxit vào khí quyển, nhờ đó dẫn đến giảm được các hiệu ứng khí nhà kính (SPE 126122 126122 “ CO_2 Enhanced Oil Recovery and Geologic Storage: An Overview with Technology Assessment Based on Patents and Articles” 2010. Christina M. Quintella et al). Đã có các sự nghiên cứu và các dự án quan trọng cho việc lưu trữ CO_2 . Statoil đã triển khai dự án Sleipner ở Biển Bắc, vốn là một dự án quy mô thương mại nhằm lưu trữ CO_2 trong tầng ngậm nước ở dưới mặt đất. CO_2 được chứa ở trạng thái siêu tới hạn cách bờ biển Na Uy 250 km. Hằng năm, khoảng một triệu tấn CO_2 được loại ra khỏi khí tự nhiên được khai thác và sau đó được phun vào lòng đất. Việc phun CO_2 được bắt đầu vào tháng 10 năm 1996 và vào năm 2010, hơn mười hai triệu tấn CO_2 đã được phun với tốc độ xấp xỉ 2700 tấn/ngày. CO_2 được phun vào trong thành hệ là sa thạch không chặt bão hòa nước mặn nằm trong khoảng từ 800m đến 1000m dưới đáy biển. Giếng nông đủ dài được sử dụng để đưa CO_2 đi xa 2,4 km khỏi các giếng khai thác và phạm vi giàn khai thác dầu khí. Địa điểm phun được bố trí bên dưới vòm cực bộ ở đỉnh của thành hệ Utsira. Việc loại nước mặn ra khỏi vỉa không đồng thời diễn ra.

Dự án In Salah CCS là một dự án trên đất liền để khai thác khí tự nhiên từ vỉa khí nằm trong tầng ngậm nước ở dưới mặt đất. Tầng ngậm nước nằm trong sa mạc Sahara. Vỉa nằm trong thành hệ sa thạch chứa cacbon, sâu 2000m; chỉ dày 20m, và độ thấm thấp. Khí tự nhiên chứa trên 10% CO_2 được khai thác. CO_2 được tách ra, và sau đó được phun lại vào trong các phần chứa đầy nước của vỉa. Ngoài ra, nước mặn không được lấy ra khỏi tầng ngậm nước và mức độ thu hồi khí tự nhiên không được cải thiện.

Đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế châu Âu số EP-A-1571105 đề xuất phương pháp để lưu trữ CO₂, trong đó CO₂ được bổ sung vào trong dòng nước, sau đó dòng này được bơm vào trong thành hệ địa chất ở dưới mặt đất. Phương pháp này sử dụng các phản ứng hóa học với tác nhân tạo ra khoáng vật (sunfat/bazo). Tác nhân này được bổ sung vào, ngoại trừ sử dụng cho các các cấu trúc địa chất cụ thể, đặc biệt là các cấu trúc mà tự nhiên có chứa có chứa các tác nhân này với số lượng lớn. Phương pháp này yêu cầu thiết bị kỹ thuật phức tạp và đắt tiền. Do không đồng thời loại bỏ nước mặn ra khỏi vỉa, nên áp suất cục bộ cao tại vị trí phun vào có thể dẫn đến làm nứt gãy trong các thành hệ địa chất kín. Điều này làm tăng khả năng rò rỉ CO₂ từ vỉa vào khí quyển.

Đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số JP06170215 đề xuất phương pháp đưa hỗn hợp nước và CO₂ vào trong thành hệ địa chất ngầm. Để đạt được mục đích này, CO₂ được trộn với nước bên trên mặt đất, và sau đó hỗn hợp, dưới áp suất cao được đưa vào trong lòng đất. Phương pháp này yêu cầu nguồn CO₂ lỏng, bơm tăng áp, bộ trao đổi nhiệt và bơm để đạt được áp suất yêu cầu. Điều này khiến cho phương pháp này tiêu tốn năng lượng và tốn kém. Việc phun hỗn hợp CO₂/nước vào trong vỉa làm tăng áp suất của vỉa và có thể dẫn đến các nứt gãy trong các thành hệ kín. Điều này làm tăng nguy cơ rò rỉ CO₂ vào khí quyển.

Tranh luận bất kỳ về các tài liệu, các hành động, các vật liệu, cơ cấu, vật dụng hoặc sự kiện tương tự được nêu trong bản mô tả này không được xem như sự chấp nhận rằng điều đó hoặc toàn bộ chúng tạo thành một phần của giải pháp kỹ thuật đã biết hoặc chúng là kiến thức chung trong lĩnh vực kỹ thuật có liên qua đến sáng chế do chúng xuất hiện trước ngày ưu tiên của giải pháp nộp đơn.

Trong toàn bộ phần mô tả, động từ “gồm”, hoặc các biến thể của nó như “bao gồm” hoặc “gồm có” sẽ được hiểu ngụ ý bao hàm chi tiết, nguyên công hoặc bước, hoặc nhóm chi tiết, nguyên công hoặc các bước đã nêu song không loại trừ chi tiết, nguyên công hoặc bước, hoặc nhóm chi tiết, nguyên công hoặc các bước khác bất kỳ.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp tận thu khí tự nhiên đối với các vỉa khí tự nhiên chưa cạn trữ lượng và đã cạn một phần.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp thu hồi khí tự nhiên được cải thiện nhằm tăng cường mức độ thu hồi khí mà vẫn lưu trữ cacbon đioxit song không làm nhiễm bẩn hoặc giảm nhiễm bẩn khí hydrocacbon đến mức thấp nhất bởi cacbon đioxit.

Mục đích khác nữa của sáng chế là đề xuất phương pháp thu hồi khí tự nhiên được cải thiện nhằm nâng cao mức độ thu hồi khí mà vẫn lưu trữ cacbon đioxit mà được giảm được các vấn đề về rò rỉ gây ra bởi áp suất của CO₂.

Do vậy, sáng chế đề xuất phương pháp thu hồi khí hydrocacbon từ vỉa chưa cạn trữ lượng hoặc đã cạn một phần chứa khí hydrocacbon, phương pháp này bao gồm các bước phun vào trong vỉa khí cacbon đioxit được nén đến tỷ trọng lớn hơn so với tỷ trọng của khí hydrocacbon và đồng thời khai thác khí hydrocacbon từ vỉa thông qua ít nhất một giếng khai thác, và phương pháp này còn bao gồm bước quản lý các điều kiện phun và khai thác khí cacbon đioxit và khí hydrocacbon vào và ra khỏi vỉa chứa, trong đó tỷ số thể tích giữa khí cacbon đioxit phun vào trong vỉa và tổng thể tích khí hydrocacbon khai thác từ vỉa này được khống chế trong khoảng từ 0,2 đến 1,4.

Khí được phun vào chủ yếu là cacbon đioxit nhưng một hoặc nhiều loại khí khác có thể được trộn với cacbon đioxit. Ví dụ về các loại khí khác bao gồm khí xâ, nitơ và/hoặc H₂S. Trong các trường hợp mà vỉa có tầng ngậm nước, tốt hơn, nếu khí cacbon đioxit hoặc hỗn hợp các loại khí được nén đến tỷ trọng lớn hơn so với tỷ trọng của khí hydrocacbon nhưng nhỏ hơn so với tỷ trọng của nước. Tốt hơn nữa, nếu tỷ trọng của khí cacbon đioxit là gần với tỷ trọng của nước hơn so với khí hydrocacbon.

Theo khía cạnh được ưu tiên, sáng chế đề xuất phương pháp thu hồi khí hydrocacbon tổ hợp từ vỉa có chứa khí cacbon đioxit trong đó, phương pháp này bao gồm các bước phun khí cacbon đioxit thông qua ít nhất một giếng phun vào trong vỉa chứa khí hydrocacbon sao cho cacbon đioxit đưa vào vỉa ở trạng thái siêu tới hạn để càng hóa cacbon đioxit trong đó và đồng thời khai thác khí hydrocacbon từ vỉa thông qua ít nhất một giếng khai thác và phương pháp này còn bao gồm bước quản lý các điều kiện phun và khai thác khí cacbon đioxit và khí hydrocacbon vào và ra khỏi vỉa

chứa, trong đó tỷ số thể tích giữa khí cacbon đioxit phun vào trong vỉa và tổng thể tích khí hydrocacbon khai thác từ vỉa này được khống chế trong khoảng từ 0,2 đến 1,4.

Cacbon đioxit siêu tới hạn được phun vào trong vỉa nhờ tỷ trọng cao của nó song có độ nhớt như khí.

Khí CO₂ được phun vào trong vỉa khí cách xa khỏi các giếng khai thác khí. Ngược lại với các phương pháp thu hồi khí đã được công bố, việc phun CO₂ được thực hiện liên quan đến các vỉa chưa cạn trữ lượng và đã cạn một phần và cho cả loại vỉa dẫn động bằng khí giãn nở lẫn loại vỉa có dòng ở tầng ngậm nước. Phương pháp do sáng chế đề xuất tận dụng hai cơ cấu thoát nước chính, (i) các cơ cấu dẫn động bằng nước - thay thế khí hydrocacbon đã bão mao dẫn bằng CO₂ nhờ đó làm tăng hiệu quả dịch chuyển cực nhỏ và (ii) các vỉa dẫn động bằng nước và dẫn động bằng khí giãn nở - duy trì áp suất toàn phần hoặc riêng phần có hiệu suất quét diện rộng được nâng cao.

Cụ thể là, phương pháp theo sáng chế có thể được ứng dụng để dùng cho các vỉa có dòng ở tầng ngậm nước. Tốt hơn nếu việc phun CO₂ siêu tới hạn diễn ra tại hoặc gần điểm tiếp xúc giữa nước và khí. CO₂ có tác dụng tạo ra pha địa chất giữa khí và nước nhờ đó bão mao dẫn CO₂ bên trong thành hệ thay cho khí hydrocacbon để tận thu khí này, về mặt lý thuyết cho phép thu hồi lên đến 100% khí tự nhiên chứa trong vỉa. Theo phương án thực hiện này của sáng chế, tốt hơn nếu lượng khí CO₂ được phun vào trong thành hệ chiếm nhiều nhất là 40% tổng thể tích khí của thành hệ, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 20% đến 30% tổng thể tích khí.

Việc tận thu khí hydrocacbon nhờ phun CO₂ vào trong kiểu vỉa khí tự nhiên bất kỳ đạt được nhờ các trạng thái xử lý cụ thể và vị trí xác định của CO₂ bên trong thành hệ này. Tốt hơn, nếu phương pháp này bao gồm bước quản lý các điều kiện phun và khai thác của khí CO₂ và hydrocacbon vào và ra khỏi vỉa, tùy chọn bao gồm bước kiểm soát nồng độ khí CO₂ và/hoặc hydrocacbon trong các giếng phun và/hoặc giếng khai thác.

Theo phương án thực hiện ưu tiên khác của sáng chế, tỷ lệ giữa thể tích khí CO₂ được phun vào trong vỉa nêu trên, tại vị trí phun vào, và tổng thể tích của khí hydrocacbon được khai thác từ vỉa được khống chế. Tốt hơn, nếu tỷ lệ này được

không chế trong khoảng từ 0,2 đến 1,4, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,6 đến 1,2, nhất là nằm trong khoảng từ 0,9 đến 1,1, lý tưởng là gần như 1 : 1. Điều này dẫn đến gần như cùng một thể tích của cacbon đioxit đưa vào vỉa bằng với thể tích khí được loại ra khỏi vỉa, dẫn đến thay thế gần 100% độ rỗng theo các trạng thái của vỉa.

Thông thường không cần thiết phải giữ tỷ lệ nêu trên không đổi trong các giới hạn xác định nêu trên, nhưng thường thì tỷ lệ trung bình này nên được giữ nằm trong các khoảng xác định trong khoảng thời gian nhất định. Ví dụ, tỷ lệ trung bình của CO₂ phun vào với khí tự nhiên khai thác trên 1 tháng, hoặc trên 1 năm hoặc trên tuổi thọ của khu khai thác nằm trong các khoảng xác định nêu trên.

Việc tạo ra thể tích phun vào và thể tích khai thác theo các trạng thái của vỉa được giữ về cơ bản giống nhau nhằm tạo ra áp suất vỉa trung bình gần như không đổi theo thời gian.

Nồng độ của CO₂ trong khí được khai thác có thể còn được khống chế bởi một hoặc nhiều bước như dùng phun CO₂ vốn góp phần vượt ngưỡng CO₂, dùng giếng khai thác có sự vượt ngưỡng CO₂, dùng phun CO₂ trước khi kết thúc tuổi thọ của khu khai thác, khoan một vòi phun CO₂ mới trong tầng ngậm nước nằm dưới và loại CO₂ ra khỏi khí được khai thác.

Trong phương pháp theo phương án thực hiện ưu tiên của sáng chế, CO₂ siêu tới hạn được phun vào trong thành hệ thống qua ít nhất một giếng phun nằm ngang hoặc ống dẫn. Điều này giúp tạo ra sự phân bố đều của việc phun CO₂ vào trong thành hệ điều này là quan trọng nhằm đảm bảo tận thu khí và lưu trữ ổn định cacbon đioxit bên trong thành hệ. Ít nhất một giếng phun có thể bao gồm ống dẫn có phần gần và phần xa, ít nhất một phần của phần xa kéo dài theo chiều gần như nằm ngang có các lỗ được tạo ra trên phần xa của ống dẫn này để phun CO₂ vào trong thành hệ.

Tuy nhiên, phương pháp do sáng chế đề xuất có thể còn được sử dụng cho dịch chuyển chủ yếu theo chiều thẳng đứng. Do đó, phương pháp này thích hợp đối với việc thu hồi khí từ các vỉa có hoặc không có sự dẫn động bằng nước trong tầng ngậm nước và có dịch chuyển chủ yếu theo chiều ngang hoặc chủ yếu theo chiều thẳng đứng.

Theo phương án thực hiện ưu tiên khác của sáng chế, lượng CO₂ phun vào trên mỗi đơn vị thời gian, và lượng khí hydrocacbon được khai thác trên mỗi đơn vị thời gian, được khống chế ở mức sao cho áp suất cục bộ trong vỉa, hoặc áp suất trung bình trong vỉa này, giữ không đổi.

Thông thường, việc phun CO₂ được phun đồng thời với việc khai thác khí tự nhiên trong toàn bộ phương pháp thu hồi khí. Tuy nhiên, theo các phương án thực hiện nhất định của sáng chế, việc bắt đầu phun CO₂ có thể được làm chậm so với việc bắt đầu khai thác khí hydrocacbon.

Phương pháp theo một phương án thực hiện sáng chế được áp dụng cụ thể cho việc thu hồi khí từ các vỉa chứa chủ yếu là khí hydrocacbon, đặc biệt là từ các vỉa khí khô trong đó chỉ khí tự nhiên thô được khai thác từ vỉa không có bất kỳ các chất lỏng hydrocacbon đi kèm.

Phương pháp theo một phương án thực hiện khác của sáng chế có thể được ứng dụng cho vỉa chứa khí hydrocacbon và lớp dầu mỏng nằm dưới vùng chứa khí. Trong phạm vi bản mô tả này, lớp “mỏng” có nghĩa là lớp có bề dày nhỏ hơn đáng kể so với chiều sâu của vỉa khí hydrocacbon, tốt hơn nếu nhỏ hơn 50% chiều sâu của vỉa khí hydrocacbon. Theo phương án thực hiện này của sáng chế, lớp áo bằng cacbon đioxit được tạo ra giữa dầu và khí hydrocacbon và sau đó dầu có thể được khai thác song song với việc khai thác khí hydrocacbon. Ở một vài điểm, CO₂ sẽ lọt vào trong dầu và cần phải được phân tách khỏi dầu, như thông qua sự bốc hơi.

Phương pháp theo phương án thực hiện sáng chế được đánh giá là có khả năng kinh tế nhất dành cho các khu khai thác có hàm lượng CO₂ trong vỉa khí do khu khai thác được đầu tư vào các vật liệu chịu CO₂ và phương tiện loại bỏ CO₂. Phương tiện loại bỏ CO₂ giảm bớt nguy cơ vượt ngưỡng CO₂ và sẽ có công suất dự phòng sau khi đồ thị khai thác sụt giảm xuống dưới phân đoạn khai thác không đổi khi nồng độ CO₂ trong vỉa đang tăng lên. Điều này còn dẫn đến chi phí giữ lại CO₂ và chi phí vận chuyển thấp. Các lợi ích tương tự cũng có thể đạt được nếu nguồn CO₂ rất gần với khu khai thác khí.

Lợi ích khác của phương pháp thu hồi khí trên cơ sở CO₂ theo một phương án thực hiện sáng chế là khu khai thác có thể chứa lượng CO₂ đáng kể với nguy cơ rò rỉ

CO₂ thấp. Do vỉa khí giữ lượng khí lớn lúc ban đầu, nên thấy được rằng vỉa này có thể giữ khí trong vỉa qua thời gian địa chất hàng triệu năm. Nguy cơ về sự rò rỉ đáng kể của khí ở áp suất vỉa vốn thấp hơn so với áp suất vỉa ban đầu là rất nhỏ. Đối với các khu khai thác có mặt khí CO₂, hiệu quả thực của phương pháp do sáng chế đề xuất là khai thác khí hydrocarbon từ vỉa trong khi cho phép CO₂ ở lại trong vỉa.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Tiếp theo, sáng chế sẽ được mô tả, bằng cách ví dụ, có dựa vào các ví dụ sau trong đó Ví dụ 1 mô tả phương pháp tận thu khí hydrocarbon từ vỉa khí hydrocarbon theo một phương án thực hiện của sáng chế, ví dụ 2 mô tả phương pháp tận thu khí hydrocarbon bằng cách bẫy mao dẫn cacbon đioxit có trong vỉa theo phương án thực hiện khác của sáng chế và Ví dụ 3 mô tả việc tận thu khí từ vỉa dầu-khí bằng cách sử dụng phương pháp theo phương án thực hiện khác nữa của sáng chế; và việc mô tả có dựa vào các hình vẽ kèm theo trong đó:

FIG.1 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện giếng phun sử dụng trong phương pháp theo sáng chế;

Các hình vẽ từ FIG.2a đến FIG.2c là các hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện việc thu hồi khí hydrocarbon bằng cách sử dụng CO₂ phun trong vỉa mà không có sự chảy vào tầng ngậm nước;

FIG.3a đến FIG.3b là các hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện sự bẫy của khí hydrocarbon trong vỉa có dòng ở tầng ngậm nước;

Các hình vẽ từ FIG.4a đến FIG.4c là các hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện sự bẫy của cacbon đioxit với khí hydrocarbon trong vỉa có dòng ở tầng ngậm nước theo một phương án thực hiện sáng chế; và

FIG.5 và FIG.6 là các hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện việc thu hồi khí hydrocarbon và dầu trong vỉa dầu-khí bằng cách sử dụng phương pháp theo một phương án thực hiện của sáng chế.

Mô tả chi tiết phương án thực hiện ưu tiên

Sáng chế đề cập tới phương pháp lưu trữ CO₂ trong các thành hệ địa chất mà đồng thời tận thu khí hydrocarbon từ thành hệ, cụ thể nhưng không dành riêng cho các vỉa chưa cạn trữ lượng hoặc đã cạn một phần, tùy chọn, có thể có dòng ở tầng ngậm nước mạnh.

Tốt hơn, nếu CO₂ được phun là hợp phần CO₂ được nén để giả định trạng thái siêu tới hạn tại vị trí phun vào, nghĩa là, tại nhiệt độ và áp suất của vỉa. Điều này tạo ra dung dịch giống như chất lỏng mà dịch chuyển khí tự nhiên trong vỉa. Khí nén có thể bao gồm CO₂ và các thành phần khí thêm vào, tốt hơn nếu các thành phần có lượng nhỏ hơn 50% trọng lượng, 40% trọng lượng, 30% trọng lượng, 20% trọng lượng, 10% trọng lượng, 5% trọng lượng, 2% trọng lượng, tốt nhất là nhỏ hơn 1% trọng lượng, dựa trên tổng trọng lượng khí nén. Theo sáng chế, và phụ thuộc vào ngữ cảnh, thuật ngữ "CO₂" có thể đề cập tới các hỗn hợp CO₂ và các thành phần khác được mô tả trên đây. Tốt hơn, nếu CO₂ được phun không được trộn với các chất lỏng, như nước hoặc dung dịch chứa nước, trước khi phun vào. Do đó, tốt hơn nếu CO₂ không chứa các thành phần chất lỏng.

Sáng chế bao gồm cả việc phun hợp phần CO₂ vào trong vỉa, lẫn khai thác khí hydrocarbon ở cùng một vỉa. Tốt hơn, nếu CO₂ được phun vào trong vỉa đồng thời với việc khai thác khí hydrocarbon đối với toàn bộ phương pháp khai thác. Trong phương pháp theo các phương án thực hiện khác của sáng chế, việc bắt đầu phun CO₂ có thể được làm trễ so với việc bắt đầu khai thác khí hydrocarbon. Thời gian làm trễ này có thể là nhiều ngày, nhiều tuần, nhiều tháng, nhiều năm hoặc thậm chí nhiều thập kỷ sau khi bắt đầu khai thác khí hydrocarbon. Một khi CO₂ đạt đến các giếng khai thác khí hydrocarbon, việc phun và khai thác được ngừng lại và các giếng được bịt kín theo cách thông thường.

Ví dụ 1: Tận thu khí tự nhiên nhờ sự phun cân bằng của khí cacbon đioxit.

Cacbon đioxit siêu tới hạn được phun xuống theo phía cánh vào trong vỉa khí ngay bên trên điểm tiếp xúc khí-nước hoặc, nếu không có nước trong vỉa, thì phun vào trong phần dưới của vỉa. Giếng phun được bố trí theo chiều ngang bên trong thành hệ để đưa cacbon đioxit vào trong vỉa ở vị trí tối ưu để dịch chuyển khí hydrocarbon bằng cacbon đioxit, như được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Thể tích khí hydrocarbon

tương tự được khai thác lên theo phía cánh trong vỉa khí. Cacbon đioxit siêu tới hạn có tỷ trọng như chất lỏng và độ nhớt như khí dẫn đến tỷ trọng cacbon đioxit lớn hơn so với tỷ trọng khí hydrocacbon theo các trạng thái của vỉa, song lại thấp hơn so với nước hoặc nước mặn trong vỉa hoặc tầng ngậm nước.

Một hoặc hai giếng khai thác khí lên theo phía cánh có thể được lắp đặt trên mỗi giếng phun, được bố trí đối xứng hoặc không đối xứng xung quanh giếng phun, tùy thuộc vào địa chất của vỉa khí và góc nghiêng, ở phần trên của vỉa. Diện tích giữa giếng phun xuống theo phía cánh và giếng khai thác lên theo phía cánh nên được nối thông áp lực đầy đủ để làm cho áp suất vỉa trung bình được duy trì không đổi trong vỉa khí trong chu kỳ phun/khai thác.

Việc khai thác khí tự nhiên có tác dụng giữ áp suất vỉa trung bình ở mức gần như không đổi (theo thời gian). Nói cách khác, tránh được việc tạo ra áp suất trong vỉa một cách hiệu quả. Đến lượt mình, điều này giúp làm giảm nguy cơ của các sự đứt gãy trong các thành hệ kín bên trên và/hoặc bên dưới tầng ngậm nước. Do đó, có thể dẫn việc lưu trữ CO₂ an toàn hơn và bền hơn trong thành hệ qua sự dịch chuyển hiệu quả của khí hydrocacbon bằng CO₂.

Theo cách lý tưởng, lưu lượng của CO₂ được phun và/hoặc lưu lượng khí hydrocacbon khai thác được không chế để duy trì áp suất của vỉa ở mức dưới áp suất nứt gãy của thành hệ, nghĩa là ngăn không cho có bất kỳ sự nứt gãy của thành hệ.

Theo phương án thực hiện ưu tiên của sáng chế, sự thay thế rộng toàn phần được diễn ra, nghĩa là, thể tích (tại vị trí phun vào) của CO₂ được phun bằng thể tích của khí hydrocacbon được khai thác.

Cần phải hiểu rằng cả việc phun và khai thác có thể diễn ra qua một hoặc qua nhiều ống dẫn hoặc giếng. Ví dụ, một ống phun dành cho CO₂ có thể được lắp, trong khi việc khai thác khí tự nhiên diễn ra qua nhiều ống dẫn hoặc các giếng, tốt hơn là sắp xếp theo hướng kính cách ra khỏi ống phun hoặc giếng. Tương tự, việc phun có thể diễn ra từ nhiều ống dẫn hoặc các giếng, trong khi việc khai thác khí tự nhiên diễn ra qua chỉ một ống dẫn hoặc giếng. Tuy nhiên, có thể còn có nhiều ống hoặc giếng phun và nhiều ống hoặc giếng khai thác. Trong các trường hợp này, cần phải hiểu rằng thể tích và lưu lượng của CO₂ được phun, và thể tích và lưu lượng của khí được khai

thác, là các thể tích tổ hợp và các lưu lượng lần lượt qua tất cả các ống phun và các ống khai thác. Điều đó có nghĩa là tổng thể tích CO₂ được phun được cân bằng với tổng thể tích khí hydrocacbon được khai thác.

Việc phun CO₂ và khai thác khí tự nhiên đồng thời còn dẫn đến việc quét vĩa hiệu quả hơn bằng CO₂, nghĩa là, thay thế triệt để khí hydrocacbon có mặt ban đầu hơn bằng CO₂. Khả năng lưu trữ địa chất được ước tính sẽ lớn hơn đáng kể so với các công nghệ lưu trữ thông thường, với mức tăng tương ứng trong thu hồi khí do sự dịch chuyển trộn lẫn của khí hydrocacbon bằng CO₂. Phương pháp theo sáng chế còn làm giảm hiện tượng được gọi là "hiện tượng tạo nhánh", nghĩa là, chúng giảm đến mức thấp nhất kích thước của các vùng tắt trong tầng ngậm nước. Do đó, có thể thực hiện được việc sử dụng công suất vĩa hiệu quả hơn. Theo các phương án thực hiện nhất định của sáng chế, lưu lượng theo thể tích của khí hydrocacbon được khai thác (theo m³/giờ) được khống chế trên cơ sở của lưu lượng theo thể tích của CO₂ được phun (theo m³/giờ, tại vị trí phun vào).

Theo phương án thực hiện ưu tiên của sáng chế, lưu lượng theo thể tích của CO₂ được phun vào trong thành hệ, tại vị trí phun vào, gần bằng lưu lượng theo thể tích của khí hydrocacbon được khai thác từ thành hệ. Theo phương án thực hiện ưu tiên khác của sáng chế, lưu lượng trung bình theo thể tích phun CO₂ vào trong vĩa, tại vị trí phun vào, gần bằng lưu lượng trung bình theo thể tích khai thác khí hydrocacbon từ vĩa. Lưu lượng trung bình theo thể tích có thể được tính toán theo chu kỳ ví dụ 1 tháng, hoặc 1 năm hoặc tuổi thọ của khu khai thác.

Theo các phương án thực hiện ưu tiên khác của sáng chế, tỷ lệ giữa lưu lượng theo thể tích phun của CO₂ được phun, tại vị trí phun vào, với lưu lượng theo thể tích của khí tự nhiên được khai thác từ thành hệ được khống chế trong khoảng từ 0,2 đến 1,4, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,6 đến 1,2, tốt nhất là nằm trong khoảng từ 0,9 đến 1,1, hoặc 1. Theo phương án thực hiện ưu tiên khác nữa của sáng chế, tỷ lệ giữa lưu lượng trung bình theo thể tích phun của CO₂ vào trong thành hệ, tại vị trí phun vào (theo, ví dụ, 1 ngày, 1 tuần hoặc 1 tháng), với lưu lượng trung bình theo thể tích khai thác khí hydrocacbon từ thành hệ (theo, ví dụ, 1 ngày, 1 tuần, hoặc 1 tháng), được khống chế trong khoảng từ 0,6 đến 1,4, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,8 đến 1,2, tốt nhất là nằm trong khoảng từ 0,9 đến 1,1, hoặc 1.

Cần phải hiểu rằng các lưu lượng, thể tích, nhiệt độ, áp suất và các thành phần được đề cập trong trường hợp theo phương án thực hiện sáng chế, trừ khi được nêu khác, là các trạng thái vữa.

Việc phun CO_2 có thể được thực hiện bằng cách bơm CO_2 xuống vào trong ống dẫn hoặc giếng, tốt hơn là qua ống dẫn được lắp trong giếng này. CO_2 được phun vào trong vữa qua cửa phun được tạo ra trên ống dẫn này. CO_2 được phun gần với, hoặc tại, giao diện giữa tầng ngậm nước và khí hydrocacbon, hoặc, nếu tầng ngậm nước không có mặt, thì phun về phía đáy của vữa khí. Theo phương án thực hiện sáng chế, cửa phun có thể có các lỗ. Các lỗ được tạo ra một cách thích hợp trên phần đầu xa của ống dẫn. Các lỗ này có thể được tạo ra trên phần nằm ngang, hoặc phần nghiêng, hoặc phần gần như nằm ngang, của ống dẫn.

Phương pháp theo một phương án thực hiện ưu tiên của sáng chế tăng cường việc thu hồi khí hydrocacbon và việc lưu trữ CO_2 bằng cách phun CO_2 từ nhiều điểm phun dọc theo chiều dài của giếng nằm ngang đủ dài sao cho khối lượng của CO_2 vào trong thành hệ là gần như không đổi trên toàn bộ chiều dài của giếng nằm ngang. Trong khi theo các giải pháp kỹ thuật đã biết, lượng lớn CO_2 được phun trong khoảng thời gian ngắn nhất có thể, các tác giả sáng chế đã đưa ra rất nhiều phương pháp khác nhau. Bằng cách giới hạn dòng khối CO_2 xuyên tâm ở giá trị tối đa nhất định, phương pháp do sáng chế đề xuất tạo ra sự phân bố gần như bằng nhau của dòng khối xuyên tâm trên phần lớn vùng nằm ngang của giếng phun. Điều này làm giảm dòng khối xuyên tâm [kg/giây] vào trong thành hệ, nhưng trở ngại này lại có thêm giá trị do trên thực tế là tổng lượng CO_2 , có thể được chứa trong thành hệ cụ thể, được tăng đột ngột, cùng với sự tăng lên tương ứng trong việc thu hồi khí hydrocacbon.

FIG.1 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện thiết bị thích hợp để sử dụng trong phương pháp theo Ví dụ 1 nêu trên song sáng chế không chỉ giới hạn ở thiết bị này. Thiết bị 1 được sử dụng để phun lượng lớn CO_2 vào trong vữa khí để lưu trữ lâu dài CO_2 trong vữa này mà đồng thời tận thu của khí hydrocacbon có mặt trong vữa thông qua giếng khai thác (không được thể hiện trên các hình vẽ). Đối với việc phun CO_2 , ống dẫn 3 được lắp kéo dài từ điểm trên bề mặt xuống dưới vào trong thành hệ 2 mà CO_2 được chứa trong đó. Thành hệ địa chất có thể là khu khai thác khí đã cạn hoặc chưa cạn trữ lượng hoặc tầng ngậm nước. Tốt hơn, nếu thành hệ địa chất sâu hơn 500

m dưới mặt đất. Tốt hơn, nếu thành hệ địa chất dày từ 5m đến 1000m, tốt hơn là dày từ 20m đến 200m. Điều này giúp đảm bảo cacbon đioxit không lọt lên đến bề mặt.

Ống dẫn 3 bao gồm phần đầu gần 4 và phần đầu xa 5. Nói chung, phần đầu xa 5 có phần nằm ngang được bố trí tại hoặc gần với mặt tiếp giáp của vùng chứa khí hydrocacbon và vùng nước. Tốt hơn, nếu phần nằm ngang (phần đầu xa) được tạo ra theo dạng của giếng nằm ngang đủ dài, và tốt hơn là dài giữa 100m và 2000m. Kết cấu này cho phép CO₂ được phun vào trong thành hệ tại nhiều điểm phun trên toàn bộ chiều dài của ống dẫn. Nhờ đó, việc lưu trữ CO₂ được phân bổ trên phạm vi rộng lớn/thể tích của thành hệ vỉa.

Thiết bị này bao gồm phương tiện tạo áp suất 10, ví dụ, bơm, để phun CO₂ vào trong thành hệ địa chất. Theo các phương án thực hiện ưu tiên khác của sáng chế, phương tiện tạo áp suất có thể là bộ phận chứa CO₂ nén, hoặc đường ống CO₂ nén. Tốt hơn, nếu CO₂ là ở trạng thái siêu tới hạn khi được phun vào trong vỉa. Tuy nhiên, có thể hiểu rằng việc phun CO₂ vào trong bơm hoặc máy nén không cần phải là siêu tới hạn. Do đó, tất cả các thành phần của thiết bị này phải được thiết kế và cấu tạo một cách thích hợp để có thể chịu được các trạng thái khắc nghiệt khi vận hành. Các vật liệu phải được lựa chọn một cách thích hợp để chịu được các áp suất rất cao và chịu ăn mòn, đặc biệt là, khi CO₂ được phun là CO₂ không nguyên chất, mà có, ví dụ, nước và/hoặc các tạp chất ăn mòn khác, như O₂ hoặc SO₂. Tốt hơn nếu phương tiện tạo áp suất có thể tạo ra các áp suất khai thác lớn hơn 73 bar (7,3Mpa), 100 bar (10Mpa), 200 (20Mpa) bar, 500 bar (50Mpa), hoặc 1000 bar (100Mpa) trong vỉa.

Ống dẫn 3 bao gồm các lỗ từ 6a-6z trên phần xa, qua các lỗ này CO₂ được phun vào trong thành hệ. Ít nhất một, song tốt hơn, nếu tất cả các lỗ có thể được trang bị phương tiện giới hạn dòng ra 7a-7z. Các phương tiện giới hạn dòng ra 7a-7z dùng để khống chế dòng khối xuyên tâm của CO₂ thông qua các lỗ riêng lẻ 6a-6z.

Các hình vẽ từ FIG.2a đến FIG.2c là các hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện việc thu hồi khí hydrocacbon bằng cách phun CO₂ vào vỉa không có dòng ở tầng ngậm nước. Cacbon đioxit siêu tới hạn được phun vào trong vỉa tại áp suất vỉa ban đầu (lớn hoặc nhỏ hơn áp suất vỉa ban đầu) sau đó không giảm áp suất do việc khai thác khí trong khoảng thời gian dài. Áp suất của vỉa có thể là 321 bar (32,1Mpa) và nhiệt độ khoảng

80°C, nhưng phương pháp này không bị giới hạn ở áp suất và nhiệt độ này. Tốc độ phun gần bằng với tốc độ khai thác khí, độ rỗng toàn phần khi phun. Các hình vẽ từ FIG.2a đến FIG.2c thể hiện, ban đầu khí được phun về phía đáy của túi khí và vùng trộn (CO_2 - khí HC) tạo ra bên trên lớp CO_2 . CO_2 quét vỉa rất tốt song có khả năng xuất hiện sự vượt ngưỡng nghiêm trọng của CO_2 ở đáy (FIG.2c). Điều này có thể được khắc phục bằng cách dừng khai thác ở giai đoạn sớm hơn để tránh các nồng độ CO_2 cao, nếu lượng vượt quá công suất xử lý CO_2 .

Ví dụ 2: Tận thu khí tự nhiên từ vỉa có dòng ở tầng ngậm nước bằng cách bẫy mao dẫn của CO_2 trong vỉa.

Sau khi khai thác, trên 50% khí hydrocarbon được xác định còn lại trong vỉa có dòng ở tầng ngậm nước do khí này bị bẫy trong các mao dẫn dẫn ra bên trên mức nước của tầng ngậm nước do dòng ở tầng ngậm nước thẳng đứng, như sơ đồ được minh họa trên FIG.3a và FIG.3b bằng các hình vẽ kèm theo. FIG.3a thể hiện vỉa khí với các trạng thái ban đầu có khí ở trên và nước ở dưới mặt tiếp xúc khí-nước. FIG.2b thể hiện vỉa sau khi khai thác một thời gian. Tầng ngậm nước đã dịch chuyển về phía trên khi khí được khai thác từ các giếng khai thác tại đỉnh của vỉa. Nước quét vỉa, nhưng đồng thời bẫy khí trong phần chứa đầy nước. Điều này làm giảm tổng lượng khí được thu hồi từ vỉa do thể tích lớn của sự bão hòa khí ban đầu bị bẫy trong vỉa do nước. Lượng khí lớn hơn được chứa bên trong thành hệ, khí bị bẫy nhiều hơn được giữ lại do mao dẫn bị bẫy trong thành hệ được khai thác (có thể do hiện tượng trễ áp suất mao dẫn). Lượng này cho thấy một trữ lượng khí đáng kể.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phun CO_2 siêu tới hạn vào trong thành hệ tại hoặc hơi cao hơn mặt tiếp xúc khí nước, mà đồng thời khai thác khí hydrocarbon từ vỉa. CO_2 siêu tới hạn nặng hơn so với khí hydrocarbon và nhẹ hơn so với nước và dĩ nhiên sẽ lưu lại ở giữa các giai đoạn địa chất, tạo ra lớp CO_2 bên trọng lượng (FIG.4a). Nguồn nước chảy vào của tầng ngậm nước từ bên dưới đẩy CO_2 lên. Nước và CO_2 không trộn được nên nước sẽ bẫy mao dẫn CO_2 tại mặt tiếp xúc nước - CO_2 và đẩy lớp CO_2 còn lại lên. CO_2 siêu tới hạn được trộn lẫn với khí hydrocarbon và sẽ không bẫy khí trên đường đi lên của nó. CO_2 tạo ra giai đoạn địa chất giữa khí hydrocarbon và nước với CO_2 sẽ bị bẫy thay cho khí hydrocarbon nhờ đó đạt hiệu suất lớn hơn (lên đến 100% khí bên trong thành hệ) của khí hydrocarbon. Do đó, hiệu

quả thực là bẫy mao dẫn CO_2 thay cho khí hydrocacbon (FIG.4b). Ngoài ra, CO_2 bị bẫy bên trong thành hệ và việc càng hóa bẫy mao dẫn của CO_2 được đảm bảo.

Lượng CO_2 phun vào trong vỉa đủ để tạo ra lớp khí mà dịch chuyển lên trên qua thành hệ không có CO_2 sớm vượt ngưỡng. Tốt hơn, nếu CO_2 được phun vào có khối lượng tối đa là 40% của tổng thể tích khí trong thành hệ, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 20% đến 30% của tổng thể tích khí. Do đó, tốc độ phun CO_2 xấp xỉ 0,4 lần tốc độ khai thác khí.

Cuối cùng, khí hydrocacbon có nồng độ CO_2 nhỏ sẽ bị bẫy ở gần đỉnh của vỉa lúc đó điểm khai thác sẽ được dừng lại (xem FIG.4c).

Rõ ràng rằng phương pháp này thường được thực hiện trên các khu khai thác khí chưa cạn trữ lượng hết với mục đích cụ thể là bẫy mao dẫn CO_2 . Trước đây, CO_2 chỉ được sử dụng để tăng áp suất của vỉa khí cạn trữ lượng nhằm ép nhiều khí ra ngoài vỉa. Theo phương án thực hiện sáng chế, CO_2 được phun vào trong các vỉa chưa cạn trữ lượng hết không cần tăng áp để bẫy CO_2 nhờ đó đảm bảo việc thu hồi khí hydrocacbon hiệu quả hơn.

Ví dụ về áp suất vỉa thích hợp là 321 bar (32,1Mpa) và nhiệt độ của vỉa là 80°C , song phương pháp này không chỉ giới hạn ở các trạng thái này. Phương pháp này có thể được thực hiện cho cả các tầng ngậm nước yếu (độ thấm của vỉa xấp xỉ 60mD) và các tầng ngậm nước mạnh (độ thấm của vỉa trên 1000mD).

Sự mô phỏng của vỉa đã thể hiện việc thu hồi tăng 14% so với chế độ mà không có sự phun của CO_2 . Nồng độ CO_2 trong khí được khai thác đạt được tối đa 5,4%, so với nồng độ CO_2 ban đầu là 0,5%.

Lượng và áp suất của cacbon đioxit được phun cụ thể để bẫy mao dẫn trong vỉa có dòng ở tầng ngậm nước mạnh hoặc yếu không cần phải giữ không đổi hoặc gần bằng với việc khai thác của khí hydrocacbon, mặc dù trong các trường hợp nhất định điều này có thể tạo ra các kết quả tốt nhất. Các trạng thái như vậy sẽ dẫn đến sự ngăn bẫy dòng ở tầng ngậm nước vào trong vỉa do vẫn còn áp suất. Sau đó, CO_2 có thể được phun vào trong chu kỳ khai thác. Việc phun CO_2 sẽ được dừng lại trước khi có vượt ngưỡng quá công suất loại bỏ của các khu khai thác.

Mặc dù ví dụ nêu trên mô tả việc phun CO₂ vào trong vỉa từ nguồn bên ngoài, song rõ ràng rằng trong nhiều thành hệ, CO₂ đã có mặt trong khí tự nhiên được thu hồi từ vỉa. Trong các trường hợp như vậy, cacbon đioxit có thể được loại bỏ, được làm sạch và sau đó được phun lại vào trong vỉa như được mô tả trên đây để lưu trữ và tăng cường khai thác tổ hợp của khí hydrocacbon.

Khoảng 40% trữ lượng khí còn lại trên thế giới là quá chua hoặc axit (H₂S và CO₂). Toàn thế giới có ít nhất $2 \cdot 10^{13}$ Sm³ trữ lượng khí còn lại có hàm lượng CO₂ khoảng 10% hoặc nhiều hơn. Cụ thể, sáng chế có thể thích hợp cho việc khai thác khí hydrocacbon từ các vỉa này. Đối với các sự phát triển khu khai thác như vậy, phương tiện loại bỏ CO₂ sẽ được đầu tư để tạo ra sản phẩm khí thương mại. Do vậy, các vỉa này có sự giảm nhẹ nguy cơ gắn liền với vượt ngưỡng CO₂ nên phương pháp theo phương án thực hiện sáng chế đã hạn chế chi phí bổ sung so với việc lưu trữ CO₂ tiêu chuẩn trong tầng ngậm nước. Nếu sự vượt ngưỡng CO₂ diễn ra sau tuổi thọ của khu khai thác (nghĩa là khi khu khai thác không còn khai thác ổn định), phương tiện loại bỏ sẽ có công suất loại bỏ dự phòng mà có thể loại bỏ một phần hoặc toàn bộ CO₂ bổ sung ra khỏi khí được khai thác. Do đó, trong trường hợp này, mức tận thu khí là xấp xỉ lợi nhuận ròng.

Sáng chế đã được mô tả có thể còn được sử dụng để phun các khí khác ngoài CO₂, như nitơ, khí xả của nhà máy điện và H₂S, mặc dù hiệu quả thu hồi khí tăng cường có thể không cao so với CO₂. Các khí này sẽ được nén đến tỷ trọng nằm trong khoảng tỷ trọng của khí tự nhiên và nước, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng gần với tỷ trọng của nước.

Ví dụ 3: Tận thu khí hydrocacbon từ vỉa dầu-khí.

Phương pháp theo phương án thực hiện sáng chế có thể còn được áp dụng để dành cho việc chứa khí hydrocacbon 100 có lớp dầu mỏng 102 nằm dưới vùng chứa khí có tầng ngậm nước 104 bên dưới dầu, như được thể hiện dưới dạng sơ đồ trên FIG.5. Lớp dầu mỏng hơn đáng kể so với độ dày của vùng chứa khí hydrocacbon 100.

CO₂ được phun vào dưới các trạng thái cân bằng cùng với việc dịch chuyển của khí hydrocacbon (khí Hc) và, một khi lớp phủ CO₂ 108 được thiết lập giữa vùng dầu 102 và vùng chứa khí hydrocacbon 100, việc khai thác dầu (OP – Oil Production)

được bắt đầu từ các giếng nằm ngang dài song song với việc khai thác khí hydrocarbon, như dạng sơ đồ được thể hiện trên FIG.6 bằng các hình vẽ kèm theo.

Tùy thuộc vào áp suất của vỉa, nhiệt độ và hợp phần dầu, việc phun CO_2 tổ hợp và khai thác dầu dẫn đến sự dịch chuyển trộn lẫn hoặc gần trộn lẫn (tạo hình nón). Dòng cuối cùng (mặt nón mô phỏng) của CO_2 vào trong các giếng khai thác dầu sẽ thay thế cả dầu bổ sung và khai thác các thành phần bổ sung được tách khỏi dầu bởi CO_2 , phần lớn nhờ sự bốc hơi. Sau đó cần phải tách phía trên CO_2 trước khi nó được phun lại vào trong thành hệ. Một khi hàm lượng CO_2 trong các giếng khai thác dầu vượt quá các giá trị kinh tế, việc khai thác dầu được kết thúc trong khi việc thu hồi khí hydrocarbon vẫn tiếp tục.

Không phụ thuộc vào loại vỉa khí cụ thể, phương pháp theo phương án thực hiện sáng chế cho phép quét vùng lưu trữ tốt hơn nhờ các mặt đầu phun ổn định. Điều này làm giảm hiện tượng tạo nhánh và giảm đến mức thấp nhất kích thước của các phạm vi mạch rẽ trong vỉa khí để lưu trữ CO_2 . Các điều kiện phun và khai thác cân bằng được ưu tiên dẫn đến áp suất trung bình của vỉa không đổi một cách tương đối theo thời gian, tránh sự nứt gãy gây ra bởi áp suất của các thành hệ kín nằm trên. Lý tưởng nếu phương pháp do sáng chế đề xuất được dung trong các giếng nằm ngang dài cho các vòi phun CO_2 , được bố trí gần với mặt tiếp xúc khí-nước, tạo thuận lợi chắc chắn cho sự dịch chuyển khí-khí trộn lẫn bền trọng lượng cho khí hydrocarbon nhờ CO_2 .

Tốt hơn, nếu các thể tích khai thác-phun gần như cân bằng theo các trạng thái của vỉa được dùng cho phương pháp này nhằm đảm bảo dòng giới hạn chảy vào trong vỉa do đó giảm đến mức thấp nhất khí hydrocarbon bị bẫy bởi nước và dẫn đến việc thu hồi khí tăng cường.

Các tác nhân nêu trên cho phép khả năng lưu trữ địa chất của CO_2 là một vài yêu cầu về quy mô lớn hơn so với các ước tính hiện tại trong các tầng ngậm nước trong khi đồng thời làm giảm lượng khí hydrocarbon tổn thất (bị bẫy) bị giữ lại trong vỉa. Hơn thế nữa, các vấn đề rò rỉ gây ra bởi áp suất gần như được loại bỏ hoàn toàn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp thu hồi khí hydrocacbon từ vỉa chưa cạn trữ lượng hoặc đã cạn một phần chứa khí hydrocacbon, phương pháp này bao gồm các bước phun vào trong vỉa khí cacbon đioxit được nén đến tỷ trọng lớn hơn so với tỷ trọng của khí hydrocacbon và đồng thời khai thác khí hydrocacbon từ vỉa qua ít nhất một giếng khai thác, và phương pháp này còn bao gồm bước quản lý các điều kiện phun và khai thác khí cacbon đioxit và khí hydrocacbon vào và ra khỏi vỉa, trong đó tỷ số thể tích giữa khí cacbon đioxit phun vào trong vỉa và tổng thể tích khí hydrocacbon khai thác từ vỉa này được khống chế trong khoảng từ 0,2 đến 1,4.

2. Phương pháp thu hồi khí hydrocacbon tổ hợp từ vỉa chứa cacbon đioxit, phương pháp này bao gồm các bước phun cacbon đioxit qua ít nhất một giếng phun vào trong vỉa có khí hydrocacbon sao cho cacbon đioxit đưa vào vỉa ở trạng thái siêu tới hạn để càng hóa cacbon đioxit trong đó và đồng thời khai thác khí hydrocacbon từ vỉa thông qua ít nhất một giếng khai thác, và phương pháp này còn bao gồm bước quản lý các điều kiện phun và khai thác khí cacbon đioxit và khí hydrocacbon vào và ra khỏi vỉa, trong đó tỷ số thể tích giữa khí cacbon đioxit phun vào trong vỉa và tổng thể tích khí hydrocacbon khai thác từ vỉa này được khống chế trong khoảng từ 0,2 đến 1,4.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó vỉa khí hydrocacbon có dòng ở tầng ngậm nước.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó khí cacbon đioxit được nén đến tỷ trọng lớn hơn so với tỷ trọng của khí hydrocacbon nhưng lại nhỏ hơn so với tỷ trọng của nước.

5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó tỷ trọng của khí cacbon đioxit là gần với tỷ trọng của nước hơn so với tỷ trọng của khí hydrocacbon.

6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 3 đến 5, trong đó khí cacbon đioxit được phun tại hoặc gần với điểm tiếp xúc của nước và khí.
7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 3 đến 6, trong đó việc bẫy mao dẫn của khí cacbon đioxit diễn ra trong vỉa nhằm ngăn việc bẫy mao dẫn của khí hydrocacbon.
8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó lượng khí cacbon đioxit được phun vào trong thành hệ nhiều nhất là 40% của tổng thể tích khí của thành hệ.
9. Phương pháp theo bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước kiểm soát lượng khí cacbon đioxit và/hoặc khí hydrocacbon của các giếng phun và khai thác.
10. Phương pháp theo bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó tỷ lệ giữa thể tích khí cacbon đioxit được phun vào trong vỉa với tổng thể tích của khí hydrocacbon được khai thác từ vỉa được khống chế trong khoảng từ 0,6 đến 1,2.
11. Phương pháp theo điểm 10, trong đó các thể tích phun vào và khai thác được giữ gần bằng nhau để tạo ra áp suất trung bình của vỉa gần như không đổi theo thời gian.
12. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó khí cacbon đioxit được phun vào trong thành hệ qua ít nhất một giếng nằm ngang.
13. Phương pháp theo điểm 12, trong đó ít nhất một giếng phun bao gồm ống dẫn có phần gần và phần xa, ít nhất một phần của phần xa kéo dài theo chiều gần như nằm ngang có ít nhất một lỗ được tạo ra trên phần xa này để phun khí cacbon đioxit.

14. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 2 đến 13, trong đó phương pháp này thu hồi khí hydrocacbon từ vỉa khí hydrocacbon chưa cạn trữ lượng hoặc đã cạn một phần.

15. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó phương pháp này thu hồi khí hydrocacbon từ vỉa khí khô.

16. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó vỉa khí bao gồm lớp dầu mỏng nằm dưới khí hydrocacbon.

17. Phương pháp theo điểm 16, trong đó việc phun khí cacbon đioxit và khai thác khí hydrocacbon được bắt đầu để tạo ra áo khí cacbon đioxit giữa dầu và khí hydrocacbon, sau đó việc khai thác dầu được bắt đầu song song với việc thu hồi khí hydrocacbon.

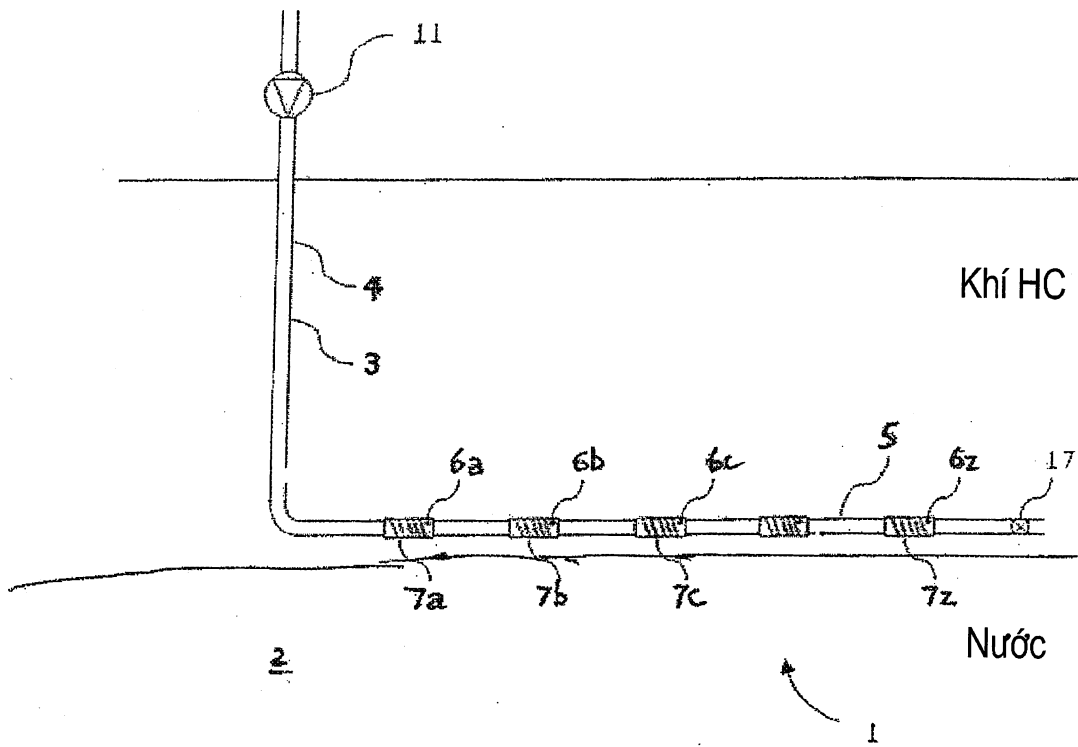
18. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó vỉa khí bao gồm CO₂, và CO₂ được loại ra bởi khí được khai thác và được phun lại vào trong vỉa.

19. Phương pháp theo điểm 20, trong đó vỉa khí còn có H₂S.

20. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước trộn khí khác cùng với cacbon đioxit để phun vào trong vỉa.

21. Phương pháp theo điểm 20, trong đó khí khác nêu trên được lựa chọn từ nhóm bao gồm nitơ, khí xả từ nhà máy điện chạy bằng khí và H₂S hoặc các hỗn hợp hoặc tổ hợp của các khí này.

FIG.1



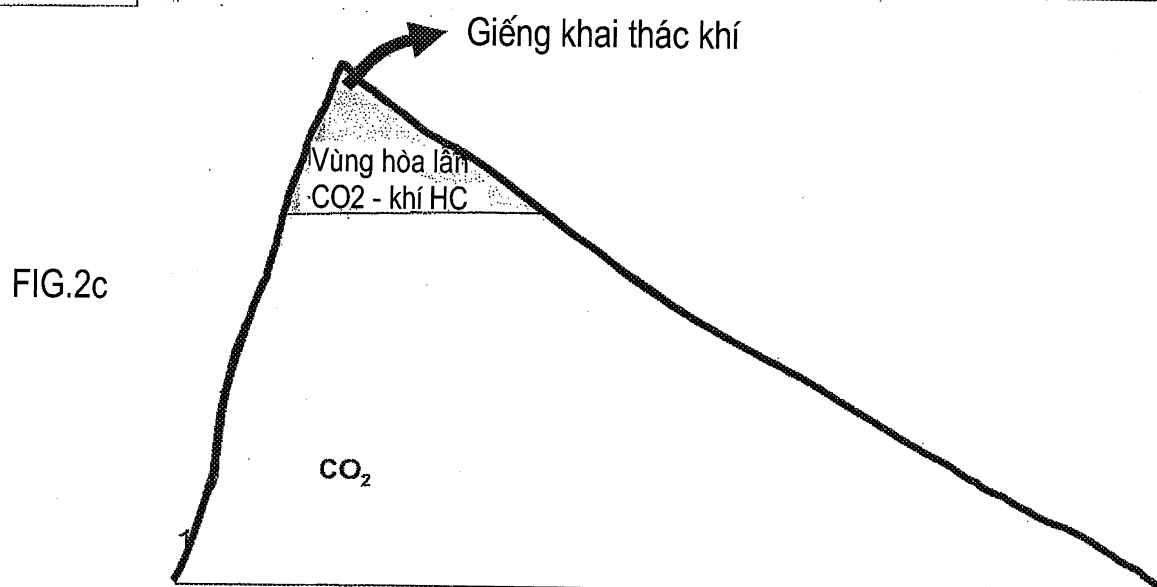
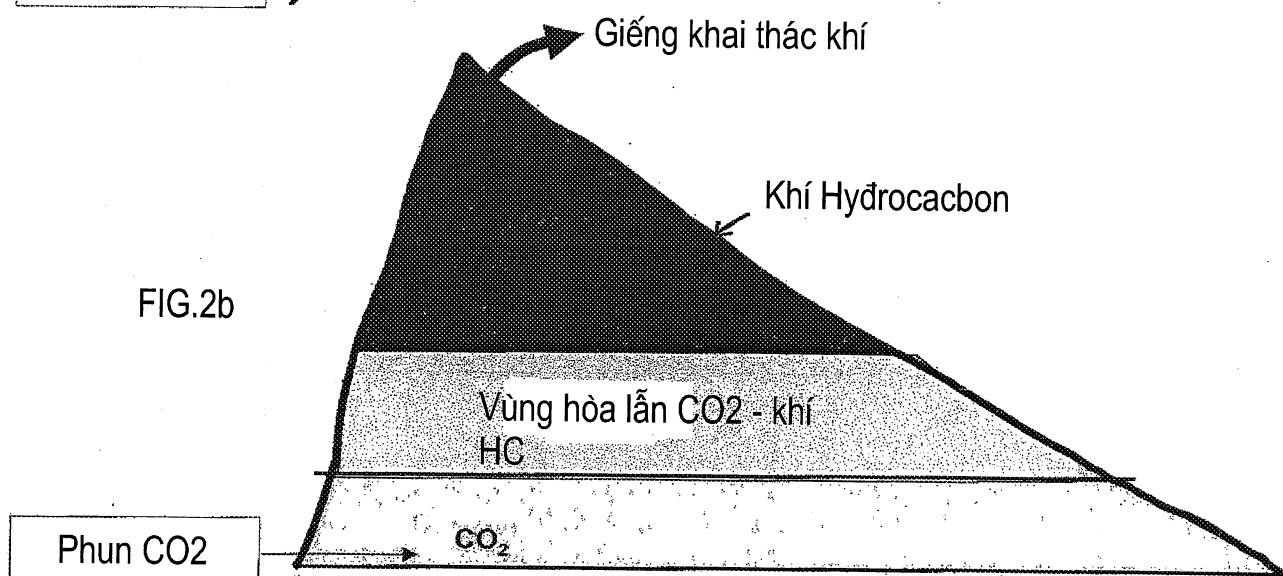
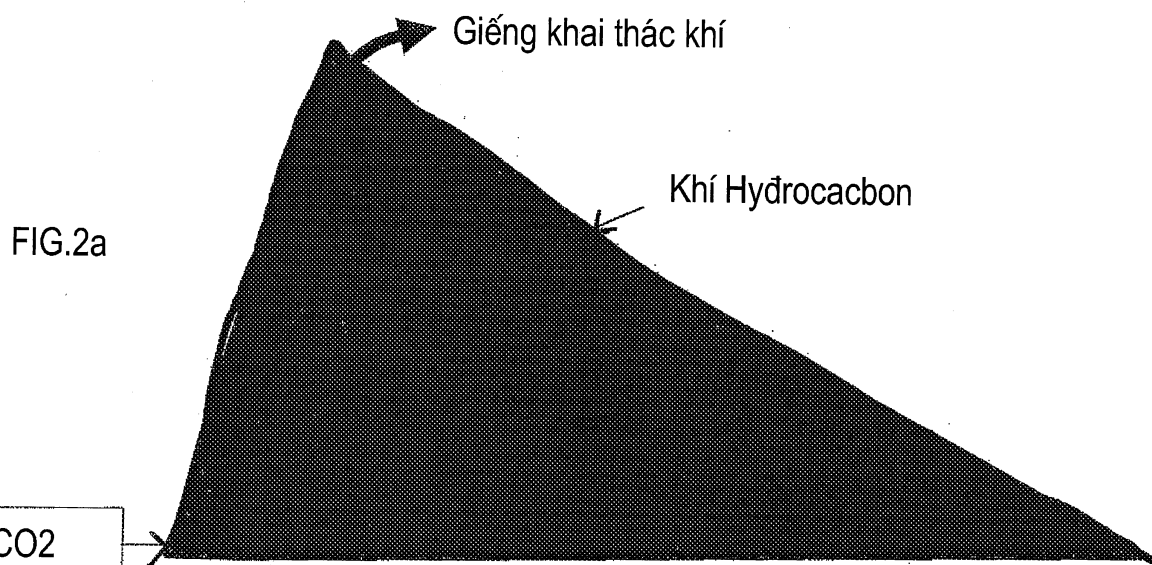


FIG.3a

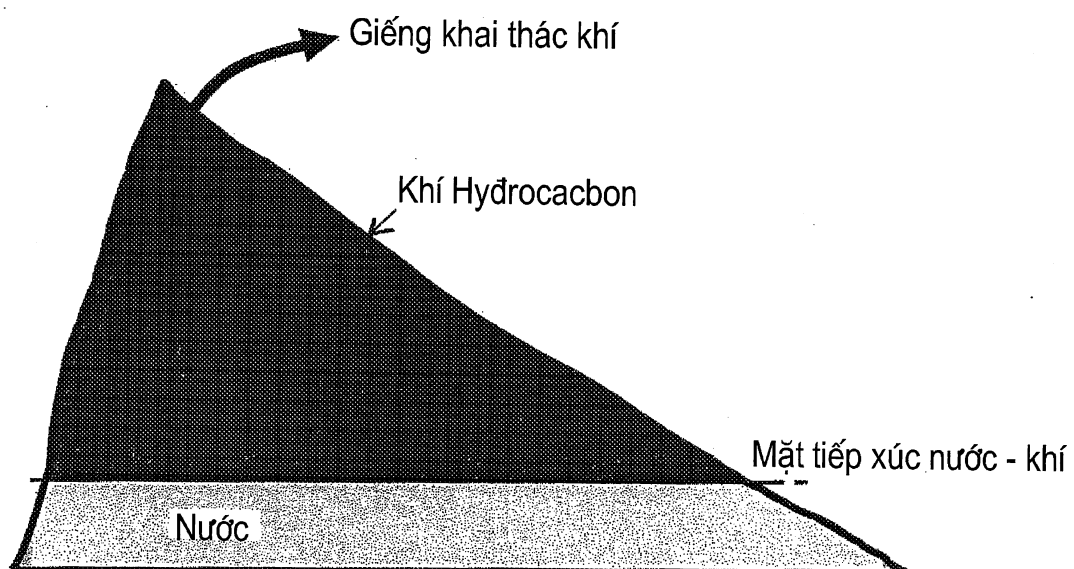
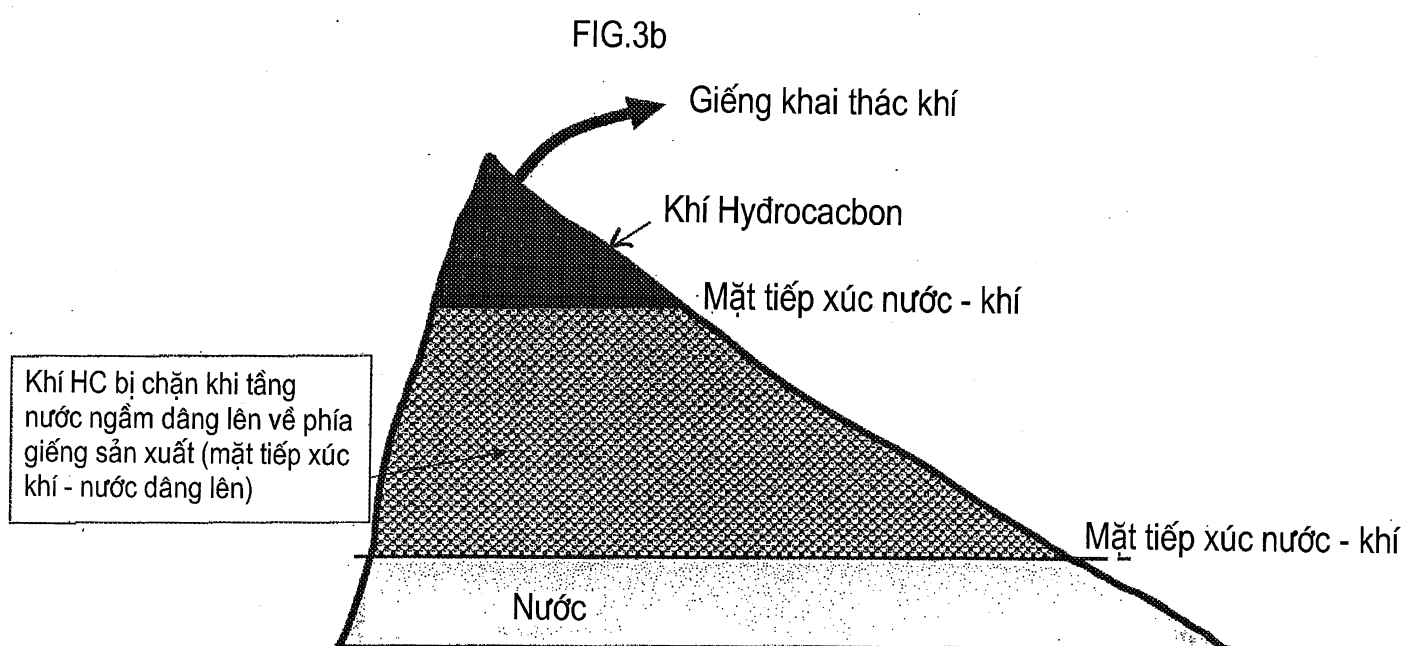


FIG.3b



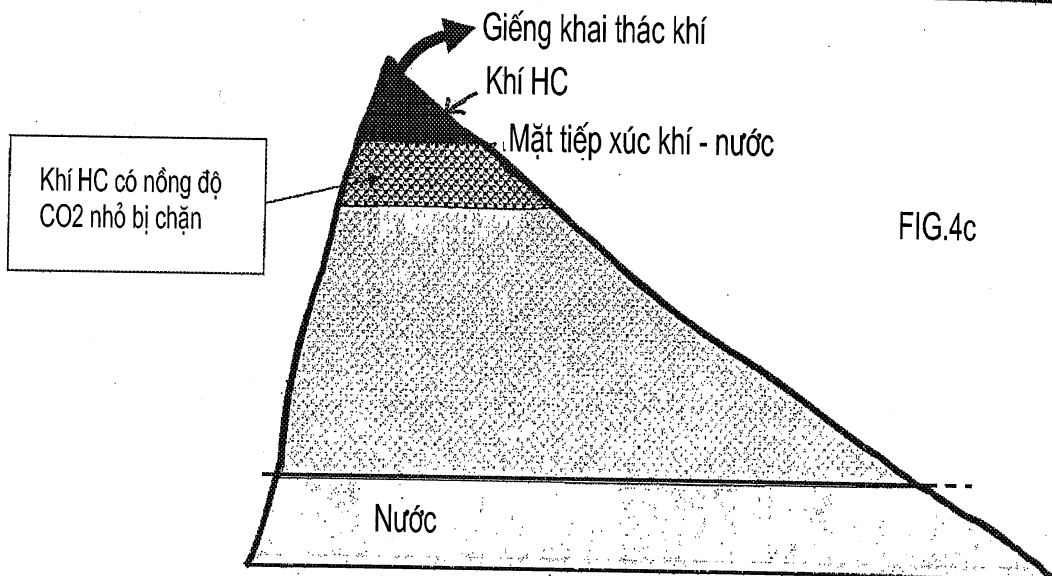
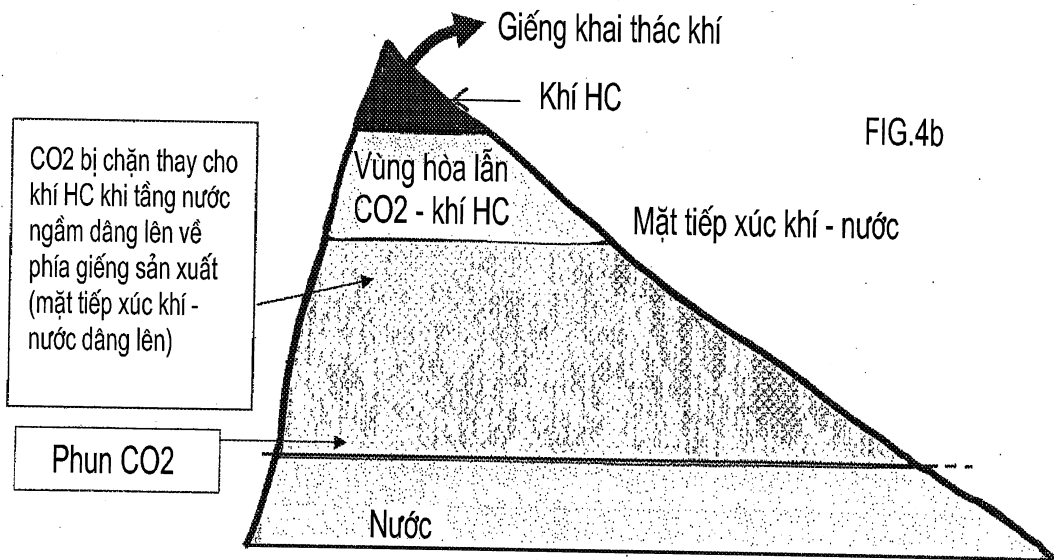
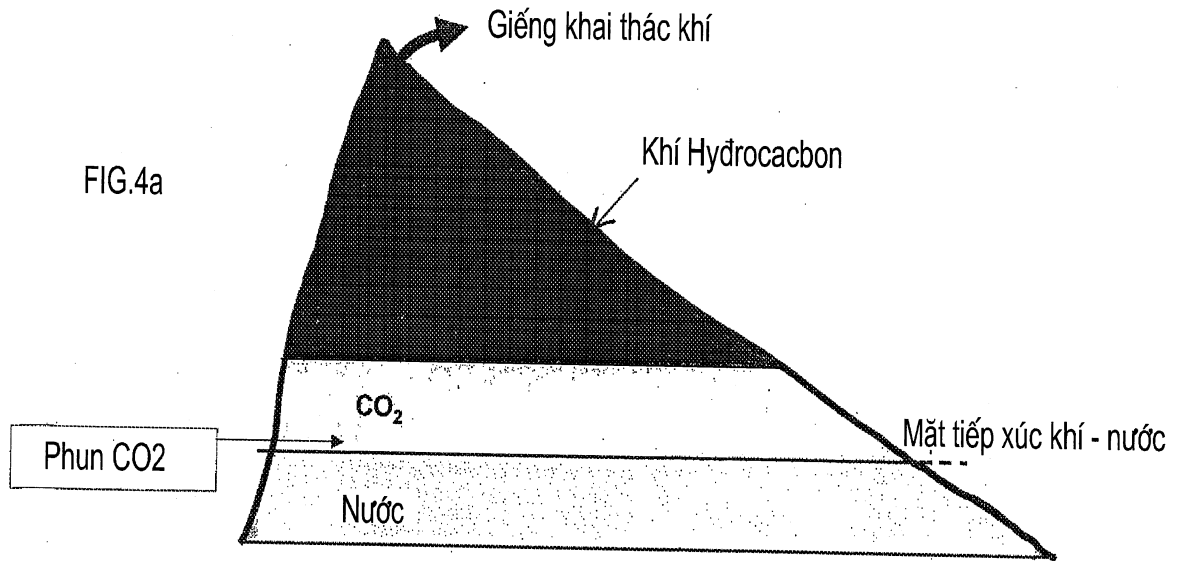


FIG.5

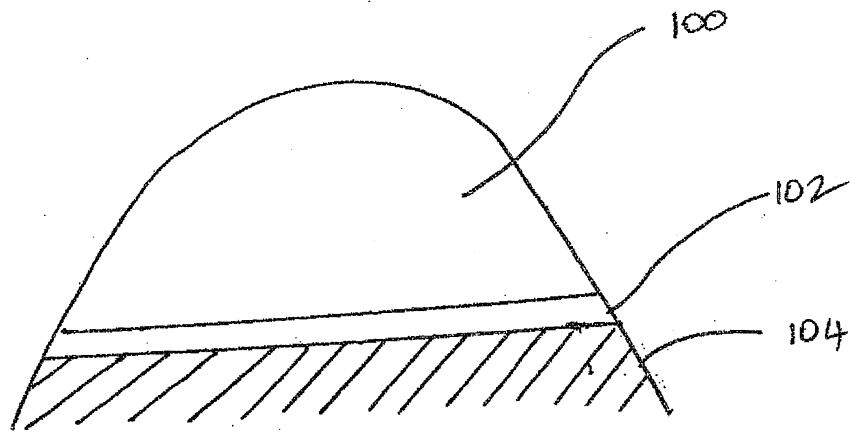


FIG.6

