



(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)



1-0053919

(51)<sup>2020.01</sup> E21B 49/00; C09K 8/00; C09K 8/05

(13) B

(21) 1-2022-02857

(22) 06/05/2022

(45) 25/11/2025 452

(43) 27/11/2023 428A

(73) Viện Dầu khí Việt Nam (VN)

Tòa nhà Viện Dầu Khí Việt Nam, số 167 Trung Kính-Yên Hòa-Cầu Giấy-Hà Nội

(72) Nguyễn Minh Quý (VN); Đinh Đức Huy (VN); Hoàng Long (VN); Phạm Trường Giang (VN); Lê Thị Thu Hương (VN); Hồ Nam Chung (VN); Phạm Trung Sơn (VN).

(54) QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ BƠM ÉP HÓA PHẨM NHẪM NÂNG CAO HỆ SỐ THU HỒI DẦU TRONG QUÁ TRÌNH ĐIỀU HÀNH KHAI THÁC MỎ DẦU KHÍ

(21) 1-2022-02857

(57) Sáng chế đề xuất quy trình công nghệ bơm ép hóa phẩm nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu trong quá trình điều hành khai thác mỏ dầu khí, đặc trưng ở chỗ, quy trình này bao gồm các bước:

i) thu thập các mẫu lưu chất tại khu vực tiến hành thu hồi dầu bao gồm giếng bơm ép (1) và giếng khai thác (2), tiến hành phân tích độ nhớt dầu ( $\mu_o$ ), thành phần dầu ( $C_n$ ) và hàm lượng khoáng hóa của nước để xác định đặc tính của dầu và nước nhằm xây dựng đường cơ sở đối chứng trước khi tương tác với hóa chất trong quá trình bơm ép;

ii) theo dõi và đo ghi thông số vận hành của giếng bơm ép (1), giếng khai thác (2) và vỉa (3);

iii) lựa chọn hóa phẩm bao gồm chất hoạt động bề mặt và polyme, trong đó hóa chất được lựa chọn và phối trộn để tạo ra hệ nhũ tương Winsor III với dầu trong;

iv) xác định thông số làm việc, chuẩn bị dung dịch hóa phẩm cho quá trình bơm ép để xây dựng tiêu chí đầu vào cho việc lựa chọn thiết bị chuyên dụng cho quá trình bơm ép;

v) xác định thông số công nghệ của hệ thống thiết bị thử nghiệm làm việc đáp ứng yêu cầu, thiết kế chi tiết và chuẩn bị hệ thống thiết bị cho quá trình bơm ép phù hợp với hệ hóa phẩm trên đây bằng cách sử dụng phần mềm chuyên dụng;

vi) chuẩn bị, kết nối và kiểm thử hệ thống thiết bị và hóa phẩm để đảm bảo các hệ số an toàn kỹ thuật;

vii) tiến hành bơm ép hóa phẩm vào giếng bơm ép (1), trong đó hóa phẩm được nén đến áp suất cao tới đầu giếng bơm ép (1) và đi vào vỉa (3) dưới điều kiện thích hợp;

viii) thực hiện lấy mẫu định tại giếng khai thác (2), tiến hành phân tích độ nhớt dầu ( $\mu_o$ ), thành phần dầu ( $C_n$ ) và hàm lượng khoáng hóa của nước trong mẫu thu được;

ix) điều chỉnh, cập nhật các thông số công nghệ của giếng bơm ép (1) và giếng khai thác (2) để gia tăng hiệu suất thu hồi dầu tốt nhất

x) kết thúc theo dõi và đánh giá hiệu quả gia tăng thu hồi dầu.

Giải pháp theo sáng chế an toàn và hiệu quả giúp xây dựng quy trình công nghệ cho chương trình bơm ép chi tiết và dễ hiểu cho tất cả các hạng mục công việc. Đồng thời, xác định các mục tiêu và kết quả đạt được ở từng mục công việc cụ thể để có kế hoạch chỉnh sửa và áp dụng phù hợp. Cụ thể hơn, quy trình công nghệ bơm ép theo sáng chế cho phép nâng cao hệ số thu hồi dầu, dựa trên các kết quả các hạng mục công việc, có kế hoạch thực hiện bơm ép và đánh giá hiệu quả bơm ép hóa phẩm. Từ đó, có những điều chỉnh và nâng cấp quy mô thử nghiệm lên mức độ lớn hơn. Bên cạnh đó, giúp tối ưu hóa quá trình thử nghiệm, đạt hiệu quả tốt nhất trong duy trì và gia tăng sản lượng, đảm bảo an ninh năng lượng cho đất nước.

**Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề xuất quy trình công nghệ bơm ép hóa phẩm nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu trong quá trình điều hành khai thác mỏ dầu khí. Quy trình theo sáng chế cho phép tăng cường thu hồi dầu, khác biệt ở chỗ, sử dụng đồng thời nhiều thông tin và dữ liệu trên nhiều lĩnh vực bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, thành phần hóa học, thông số công nghệ, thông số vật lý, dữ liệu lịch sử khai thác, kết hợp với các thuật toán bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, thống kê đa biến, tính toán mô phỏng, mô hình dịch chuyển và tương tác hóa học, tương tác vật lý để đưa ra hiệu quả của áp dụng công nghệ bơm ép nâng cao hệ số thu hồi dầu.

**Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Trong các giai đoạn khai thác dầu khí, thông thường mỏ dầu khí trải qua các giai đoạn thu hồi sơ cấp, thứ cấp và tam cấp, trong đó thu hồi dầu tam cấp xem xét áp dụng các giải pháp bơm chất ngoại lai vào vỉa chứa nhằm lấy phần dầu dư còn sót lại, bị bẫy trong các lỗ hổng do các lực nhớt, lực mao dẫn và lực trọng trường. Theo các thống kê, tổng lượng dầu thu được từ giai đoạn sơ cấp đến thứ cấp thông thường ít hơn 35% lượng dầu tại chỗ ban đầu. Do đó, lượng dầu còn lại là mục tiêu tiềm năng cho các giải pháp nâng cao hệ số thu hồi dầu (EOR).

Trên các mỏ khai thác dầu khí Việt Nam, với sản lượng khai thác suy giảm ngày càng nhanh và hiện trạng công trình biển, việc nghiên cứu và triển khai áp dụng các giải pháp nâng cao hệ số thu hồi dầu (EOR) được xem hết sức cấp thiết. Thông thường, đối tượng được nghiên cứu thực nghiệm sàng lọc và đánh giá mức độ phù hợp của giải pháp, nghiên cứu khả thi trên quy mô nhỏ và được nâng dần lên tới quy mô giống với thực tế nhờ công cụ mô phỏng số.

Sau khi thực hiện sàng lọc, nghiên cứu thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và chứng minh hiệu quả, giải pháp được thực hiện triển khai bơm ép trên hiện trường mỏ. Để thực hiện được các bước bơm ép vào giếng cần thực hiện đầy đủ quy trình công nghệ do hoạt động bơm ép là hoạt động tại khu vực yêu cầu có điều kiện. Do đó, cần thiết thực hiện theo 01 quy trình công nghệ nhằm đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật và hiệu quả thực hiện.

Thông thường, quy trình công nghệ trong bơm ép thử nghiệm được quyết định bởi các yêu tố sau:

- Đặc tính kỹ thuật và khối lượng hóa phẩm bơm ép;
- Hiện trạng công trình biển tại khu vực thử nghiệm;
- Chế độ công nghệ, đặc tính hoạt động của khu vực giếng bơm ép.

Giếng bơm ép là giếng thực hiện mục đích dẫn nước từ hệ thống công nghệ trên bề mặt vào vỉa chứa, đẩy dòng dầu trong các kênh rỗng tới giếng khai thác và lên bề mặt. Do đó, để chương trình thử nghiệm an toàn và hiệu quả cần xây dựng quy

trình công nghệ cho chương trình bơm ép chi tiết và dễ hiểu cho tất cả các hạng mục công việc. Đồng thời, xác định các mục tiêu và kết quả đạt được ở từng mục công việc cụ thể để có kế hoạch chỉnh sửa và áp dụng phù hợp.

Sáng chế này tập trung đề xuất quy trình công nghệ bơm ép thử nghiệm hóa phẩm nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu, dựa trên các kết quả các hạng mục công việc, có kế hoạch thực hiện bơm ép và đánh giá hiệu quả bơm ép hóa phẩm. Từ đó, có những điều chỉnh và nâng cấp quy mô thử nghiệm lên mức độ lớn hơn. Bên cạnh đó, giúp tối ưu hóa quá trình thử nghiệm, đạt hiệu quả tốt nhất trong duy trì và gia tăng sản lượng, đảm bảo an ninh năng lượng cho đất nước.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Mục đích của sáng chế là xác định chế độ công nghệ phù hợp trong hoạt động bơm ép thử nghiệm bằng các kỹ thuật nghiên cứu như tổng hợp, phân tích, đánh giá và sử dụng các công cụ phần mềm chuyên ngành và tin học hỗ trợ nhằm lượng hóa hiệu quả gia tăng thu hồi dầu.

Mục đích khác nữa của sáng chế là đề xuất giải pháp cho phép linh hoạt điều chỉnh các thông số trong quá trình điều hành khai thác mỏ dầu khí để nâng cao hiệu quả thu hồi dầu.

Để đạt được các mục đích trên đây, sáng chế đề xuất quy trình công nghệ bơm ép hóa phẩm nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu trong quá trình điều hành khai thác mỏ dầu khí, đặc trưng ở chỗ, quy trình này bao gồm các bước:

i) thu thập các mẫu lưu chất tại khu vực tiến hành thu hồi dầu bao gồm giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2, tiến hành phân tích độ nhớt dầu ( $\mu_o$ ), thành phần dầu ( $C_n$ ) và hàm lượng khoáng hóa của nước để xác định đặc tính của dầu và nước nhằm xây dựng đường cơ sở đối chứng trước khi tương tác với hóa chất trong quá trình bơm ép;

ii) theo dõi và đo ghi thông số vận hành của giếng bơm ép 1, giếng khai thác 2 và vỉa 3, trong đó các thông số được tiến hành theo dõi và đo ghi nhận bao gồm:

- áp suất miệng giếng  $P_m$  (atm) của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2;
- áp suất đáy giếng  $P_d$  (atm) của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2;
- áp suất vỉa  $P_v$  (atm) của vỉa 3;
- lưu lượng dầu  $Q_o$  ( $m^3/ngđ$ ) của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2;
- lưu lượng nước  $Q_w$  ( $m^3/ngđ$ ) của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2;

iii) lựa chọn hóa phẩm bao gồm chất hoạt động bề mặt và polyme, trong đó hóa chất được lựa chọn và phối trộn để tạo ra hệ nhũ tương Winsor III (hệ nhũ tương ba pha bao gồm vi nhũ nước trong dầu nằm giữa pha nước và pha dầu) với dầu trong vỉa trên cơ sở thông số về đặc tính dầu và nước trong vỉa được xác định trong bước i);

iv) xác định thông số làm việc, chuẩn bị dung dịch hóa phẩm cho quá trình bơm ép để xây dựng tiêu chí đầu vào cho việc lựa chọn thiết bị chuyên dụng cho quá trình bơm ép;

v) xác định thông số công nghệ của hệ thống thiết bị thử nghiệm làm việc đáp ứng yêu cầu, thiết kế chi tiết và chuẩn bị hệ thống thiết bị cho quá trình bơm ép phù hợp với hệ hóa phẩm trên đây bằng cách sử dụng phần mềm chuyên dụng bao gồm phần mềm Olga (mô phỏng hệ thống đường ống) và phần mềm Hysis (mô phỏng quá trình hóa học trong công nghiệp dầu khí);

vi) chuẩn bị, kết nối và kiểm thử hệ thống thiết bị và hóa phẩm để đảm bảo các hệ số an toàn kỹ thuật, trong đó hóa phẩm được chứa trong các thùng kín, được kết nối với bơm cao áp (4.4), đầu nối vào đầu giếng bơm ép 1 bằng đường ống mềm (4.2) và được thử kín ở áp suất cao;

vii) tiến hành bơm ép hóa phẩm vào giếng bơm ép 1, trong đó hóa phẩm được nén đến áp suất cao tới đầu giếng bơm ép 1 và đi vào vỉa 3 dưới điều kiện thích hợp;

viii) thực hiện lấy mẫu định tại giếng khai thác 2, tiến hành phân tích độ nhớt dầu ( $\mu_o$ ), thành phần dầu ( $C_n$ ) và hàm lượng khoáng hóa của nước trong mẫu thu được, trong đó đặc tính của dầu và nước thích hợp (không cần tiến hành điều chỉnh) nằm trong bộ thông số công nghệ làm việc;

ix) điều chỉnh, cập nhật các thông số công nghệ của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2, trong đó hiệu suất gia tăng dầu tốt nhất khi việc điều chỉnh này tạo ra:

- lưu lượng dầu tối thiểu (lưu lượng dầu tối thiểu được xác định tại điều kiện bề mặt, đầu giếng khai thác)  $Q_{o\_min}$  là khoảng 1,05 lần lưu lượng dầu tại thời điểm lấy mẫu xác định  $Q_{oi}$  ( $1,05 \cdot Q_{oi}$ );
- lưu lượng nước bơm ép  $Q_{be}$  tối thiểu là 0,8 lần lưu lượng nước bơm ép tại thời điểm lấy mẫu xác định ( $0,8 \cdot Q_{be\_i}$ );

x) kết thúc theo dõi và đánh giá hiệu quả gia tăng thu hồi khi ba mẫu chất lưu được lấy liên tục trong chu kỳ lấy mẫu tiếp theo không còn ghi nhận dấu hiệu của hóa phẩm tại giếng khai thác 2.

Theo một phương án, trong bước i), đặc tính của dầu và nước được xem là thích hợp cho quá trình bơm ép bao gồm:

- độ nhớt dầu  $\mu_o$  nằm trong khoảng từ 0,2 đến 50 cP;
- thành phần dầu  $C_{7+}$  nằm trong khoảng 20 đến 70%;
- hàm lượng khoáng hóa (tổng độ khoáng hóa) của nước nằm trong khoảng 3,5 đến 40 g/L.

Theo phương án khác, trong bước ii), việc theo dõi và đo ghi thông số vận hành này được tiến hành từ thời điểm trước khi thực hiện quá trình bơm ép đến thời điểm kết thúc tại giếng khai thác 2 để đo, ghi nhận phục vụ xây dựng bộ thông số công nghệ làm việc phù hợp.

Theo phương án khác nữa, trong bước iii) chất hoạt động bề mặt và polyme tốt hơn là được chọn từ nhóm bao gồm:

- chất hoạt động bề mặt được chọn từ nhóm bao gồm natri olefin sulfonat (sodium olefin sulfonate - SOS), alkyl olefin sulfonat (alkyl olefin sulfonate - AOS) và nonyl phenol etoxylat (nonyl phenol ethoxylate - NPEO); và
- polyme được chọn từ nhóm bao gồm polyacrylamit được thủy phân (hydrolyzed polyacrylamide - HPAM), alkyl etoxy sulfate (alkyl ethoxy sulfate - AES), natri sulfonat dầu hỏa (sodium petroleum sulfonate), xanthan gum, scleroglucan, và schizophyllan.

Theo phương án khác nữa, trong bước iv) hóa phẩm được chuẩn bị theo tỷ lệ thích hợp để đáp ứng thông số làm việc thích hợp bao gồm:

- độ nhớt hóa phẩm  $\mu_{hp}$  được chuẩn bị nằm trong khoảng từ 0,2 đến 50 cP;
- độ pH của hóa phẩm được chuẩn bị nằm trong khoảng từ 3 đến 9;
- mật độ hóa phẩm  $\rho$  được chuẩn bị nằm trong khoảng từ 1,001 đến 1,2 g/L.

Theo phương án khác nữa, trong bước v) thông số công nghệ của hệ thống thiết bị được chuẩn bị phù hợp bao gồm:

- lưu lượng bơm  $Q$  ( $m^3/ngày$ ) của hóa phẩm được xác định bằng phần mềm Hysis nằm trong khoảng từ 50 đến 700  $m^3/ngày$ ;
- áp suất làm việc  $P_{lv}$  của hóa phẩm được xác định bằng phần mềm Hysis nằm trong khoảng từ 15 đến 250 atm (1,52 đến 25,33 MPa);
- bề dày an toàn kỹ thuật của ống mềm tối thiểu được xác định bằng phần mềm Hysis khoảng 0,66 cm;
- đường kính trong của ống mềm được xác định bằng phần mềm Hysis nằm trong khoảng từ 5,08 đến 7,62 cm;
- tổn hao áp suất làm việc tại lưu lượng bơm ép tối đa được xác định bằng phần mềm Olga nằm trong khoảng từ 1,1 đến 2,7 atm/km (0,111 đến 0,274 MPa/km).

Theo phương án khác nữa, trong bước vi) áp suất cao là khoảng 250 atm (25,33125 MPa).

Theo phương án khác nữa, trong bước vii) hóa phẩm được nén đến áp suất cao tới đầu giếng bơm ép 1 và đi vào vỉa 3 dưới điều kiện:

- áp suất làm việc  $P_{lv}$  của hóa phẩm được duy trì lớn hơn áp suất miệng giếng bơm ép  $P_m$ ;
- áp suất đáy giếng bơm ép  $P_d$  nhỏ hơn 1,3 lần áp suất vỉa  $P_v$  ( $P_d < 1,3 \cdot P_v$ ).

Theo phương án khác nữa, trong bước viii) đặc tính của dầu và nước thích hợp (không cần tiến hành điều chỉnh) nằm trong bộ thông số công nghệ làm việc bao gồm:

- độ nhớt hóa phẩm  $\mu_{hp}$  nằm trong khoảng 15 đến 30 cP tại điều kiện bề mặt trong giai đoạn bơm ép (ảnh hưởng) của hóa phẩm;
- thành phần dầu  $C_{7+}$  nằm trong khoảng 20 đến 65% trong giai đoạn bơm ép (ảnh hưởng) của hóa phẩm;
- hàm lượng khoáng hóa của nước nằm trong khoảng 3,5 đến 35 g/L trong giai đoạn bơm ép (ảnh hưởng) của hóa phẩm.

### Mô tả vắn tắt hình vẽ

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn thông qua các phương án được ưu tiên theo sáng chế với sự tham chiếu đến hình vẽ kèm theo, trong đó:

Hình 1 thể hiện vắn tắt quy trình bơm ép hóa phẩm thu hồi dầu tăng cường theo một phương án cụ thể được ưu tiên theo sáng chế.

### Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn thông qua các phương án cụ thể được ưu tiên theo sáng chế. Tuy nhiên, cần phải hiểu rằng, sáng chế không bị giới hạn ở các phương án này. Ngoài ra, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này, trên cơ sở thông tin được bộc lộ và/hoặc mô tả trong bản mô tả này, có thể thực hiện các thay đổi và/hoặc biến đổi tương đương với các phương án cụ thể này.

Sáng chế tập trung hướng tới quy trình công nghệ bơm ép hóa phẩm nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu trong quá trình điều hành khai thác mỏ dầu khí mà cho phép tăng cường thu hồi dầu, khác biệt ở chỗ, sử dụng đồng thời nhiều thông tin và dữ liệu trên nhiều lĩnh vực bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, thành phần hóa học, thông số công nghệ, thông số vật lý, dữ liệu lịch sử khai thác, kết hợp với các thuật toán bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, thống kê đa biến, tính toán mô phỏng, mô hình dịch chuyển và tương tác hóa học, tương tác vật lý để đưa ra hiệu quả của áp dụng công nghệ bơm ép nâng cao hệ số thu hồi dầu.

Cụ thể, công nghệ theo sáng chế bao gồm các bước cơ bản sau đây:

1. Thu thập các mẫu lưu chất tại khu vực thử nghiệm bao gồm giếng bơm ép và giếng khai thác và phân tích. Thông số vận hành của giếng và các thông tin địa chất địa vật lý khác.
2. Sử dụng các phần mềm chuyên dụng xác định thông số làm việc của hóa phẩm và chuẩn bị dung dịch hóa phẩm cho bơm ép, các tiêu chuẩn được xác định nhanh bao gồm độ nhớt ( $\mu$ ), pH, mật độ ( $\rho$ ).

3. Sử dụng phần mềm chuyên ngành nhằm xác định thông số công nghệ (lưu lượng bơm ( $Q$ , m<sup>3</sup>/ngày đêm), áp suất bơm ( $P_s$ , atm), công suất bơm ( $P$ , kW)) của hệ thiết bị thử nghiệm làm việc đáp ứng yêu cầu được thiết kế chi tiết và xây dựng chuẩn bị hệ thống thiết bị làm việc phù hợp với hệ hóa phẩm.
4. Chuẩn bị và tập kết hệ thống thiết bị và hóa phẩm khu vực hiện trường khai thác, kết nối và kiểm thử hệ thống thiết bị đảm bảo các hệ số an toàn kỹ thuật.
5. Bơm ép hóa phẩm vào giếng bơm ép.
6. Thực hiện lấy mẫu chất lưu định kì khu vực thử nghiệm và các giếng dự kiến quan trắc nhằm đánh giá mức độ liên thông và khả năng gia tăng thu hồi dầu của hóa phẩm qua kết quả phân tích các mẫu thu được.
7. Cập nhật các thông số công nghệ của giếng bơm ép và khai thác trên mô hình mô phỏng số, mô hình kinh tế của khu vực thử nghiệm.
8. Dựa trên các đánh giá tại công đoạn 4, 5, 6 và 7 ở trên đánh giá hiệu quả của chương trình thử nghiệm.

Khi áp dụng sáng chế ngoài việc cho phép thực hiện bơm ép thử nghiệm thành công, còn có thể giúp xây dựng kế hoạch, hoạch định chiến lược áp dụng trên quy mô lớn hơn, qua đó góp phần duy trì sản lượng khai thác, đảm bảo an ninh năng lượng.

#### *Quy trình công nghệ bơm ép hóa phẩm*

Theo một phương án cụ thể được ưu tiên và như được mô tả trong Hình 1, sáng chế đề xuất quy trình công nghệ bơm ép hóa phẩm nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu trong quá trình điều hành khai thác mỏ dầu khí, đặc trưng ở chỗ, quy trình này bao gồm các bước:

i) thu thập các mẫu lưu chất tại khu vực tiến hành thu hồi dầu bao gồm giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2, tiến hành phân tích độ nhớt dầu ( $\mu_o$ ), thành phần dầu ( $C_n$ ) và hàm lượng khoáng hóa của nước để xác định đặc tính của dầu và nước nhằm xây dựng đường cơ sở đối chứng trước khi tương tác với hóa chất trong quá trình bơm ép;

ii) theo dõi và đo ghi thông số vận hành của giếng bơm ép 1, giếng khai thác 2 và vỉa 3, trong đó các thông số được tiến hành theo dõi và đo ghi nhận bao gồm:

- áp suất miệng giếng  $P_m$  (atm) của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2;
- áp suất đáy giếng  $P_d$  (atm) của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2;
- áp suất vỉa  $P_v$  (atm) của vỉa 3;
- lưu lượng dầu  $Q_o$  (m<sup>3</sup>/ngày) của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2;
- lưu lượng nước  $Q_w$  (m<sup>3</sup>/ngày) của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2;

iii) lựa chọn hóa phẩm bao gồm chất hoạt động bề mặt và polyme, trong đó hóa chất được lựa chọn và phối trộn để tạo ra hệ nhũ tương Winsor III (hệ nhũ tương ba pha bao gồm vi nhũ nước trong dầu nằm giữa pha nước và pha dầu) với dầu trong

vía trên cơ sở thông số về đặc tính dầu và nước trong vía được xác định trong bước i);

iv) xác định thông số làm việc, chuẩn bị dung dịch hóa phẩm cho quá trình bơm ép để xây dựng tiêu chí đầu vào cho việc lựa chọn thiết bị chuyên dụng cho quá trình bơm ép;

v) xác định thông số công nghệ của hệ thống thiết bị thử nghiệm làm việc đáp ứng yêu cầu, thiết kế chi tiết và chuẩn bị hệ thống thiết bị cho quá trình bơm ép phù hợp với hệ hóa phẩm trên đây bằng cách sử dụng phần mềm chuyên dụng bao gồm phần mềm Olga (mô phỏng hệ thống đường ống) và phần mềm Hysis (mô phỏng quá trình hóa học trong công nghiệp dầu khí);

vi) chuẩn bị, kết nối và kiểm thử hệ thống thiết bị và hóa phẩm để đảm bảo các hệ số an toàn kỹ thuật, trong đó hóa phẩm được chứa trong các thùng kín, được kết nối với bơm cao áp (4.4), đầu nối vào đầu giếng bơm ép 1 bằng đường ống mềm (4.2) và được thử kín ở áp suất cao;

vii) tiến hành bơm ép hóa phẩm vào giếng bơm ép 1, trong đó hóa phẩm được nén đến áp suất cao tới đầu giếng bơm ép 1 và đi vào vỉa 3 dưới điều kiện thích hợp;

viii) thực hiện lấy mẫu định tại giếng khai thác 2, tiến hành phân tích độ nhớt dầu ( $\mu_o$ ), thành phần dầu ( $C_n$ ) và hàm lượng khoáng hóa của nước trong mẫu thu được, trong đó đặc tính của dầu và nước thích hợp (không cần tiến hành điều chỉnh) nằm trong bộ thông số công nghệ làm việc;

ix) điều chỉnh, cập nhật các thông số công nghệ của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2, trong đó hiệu suất gia tăng dầu tốt nhất khi việc điều chỉnh này tạo ra:

- lưu lượng dầu tối thiểu (lưu lượng dầu tối thiểu được xác định tại điều kiện bề mặt, đầu giếng khai thác)  $Q_{o\_min}$  là khoảng 1,05 lần lưu lượng dầu tại thời điểm lấy mẫu xác định  $Q_{oi}$  ( $1,05 \cdot Q_{oi}$ );
- lưu lượng nước bơm ép  $Q_{be}$  tối thiểu là 0,8 lần lưu lượng nước bơm ép tại thời điểm lấy mẫu xác định ( $0,8 \cdot Q_{be\_i}$ );

x) kết thúc theo dõi và đánh giá hiệu quả gia tăng thu hồi khi ba mẫu chất lưu được lấy liên tục trong chu kỳ lấy mẫu tiếp theo không còn ghi nhận dấu hiệu của hóa phẩm tại giếng khai thác 2.

Trong bước i), việc lấy mẫu là để phục vụ phân tích nhằm xác nhận các thành phần và tính chất chất lưu. Công tác này nhằm xây dựng đường cơ sở để đối chứng với các kết quả giai đoạn sau khi đã bơm ép hóa phẩm vào giếng 1. Hóa phẩm sau khi bơm ép vào giếng 1 sẽ tương tác với dầu và nước, làm thay đổi thành phần và

tính chất của nước. Theo một phương án cụ thể được ưu tiên, đặc tính của dầu và nước được xem là thích hợp cho quá trình bơm ép bao gồm:

- độ nhớt dầu  $\mu_o$  nằm trong khoảng từ 0,2 đến 50 cP;
- thành phần dầu  $C_{7+}$  nằm trong khoảng 20 đến 70%;
- hàm lượng khoáng hóa (tổng độ khoáng hóa) của nước nằm trong khoảng 3,5 đến 40 g/L.

"Hàm lượng khoáng hóa" hay "tổng độ khoáng hóa" là tổng hàm lượng các chất khoáng hòa tan trong nước. Thông thường tổng lượng muối chiếm 99,9% các hàm lượng khoáng nên có thể coi tổng lượng khoáng hóa là tổng lượng muối.

Ngoài ra, cần lưu ý rằng, việc xác định các đặc tính trên đây là thông dụng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này nên việc mô tả chi tiết hơn được xem là không cần thiết.

Rõ ràng là, trong trường hợp các thông số về đặc tính của dầu và nước không nằm trong khoảng giá trị được mô tả trên đây, khu vực khai thác này (bao gồm giếng bơm ép, vỉa, giếng khai thác) được xem là không thích hợp để áp dụng quy trình theo sáng chế.

Tiếp theo, trong bước ii), các thông số vận hành bao gồm áp suất miệng giếng  $P_m$ , áp suất đáy giếng  $P_d$ , lưu lượng dầu ngày đêm  $Q_o$ ,  $m^3/ngđ$ ; lưu lượng nước ngày đêm  $Q_w$ ,  $m^3/ngđ$  của giếng khai thác, giếng bơm ép và nếu cần cả các thông tin địa chất địa vật lý được theo dõi và đo ghi phục vụ xây dựng chế độ bơm ép. Theo phương án cụ thể, việc theo dõi và đo ghi thông số vận hành của giếng bơm ép 1, giếng khai thác 2 và vỉa 3 được tiến hành cho các thông số bao gồm:

- áp suất miệng giếng  $P_m$  (atm) của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2;
- áp suất đáy giếng  $P_d$  (atm) của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2;
- áp suất vỉa  $P_v$  (atm) của vỉa 3;
- lưu lượng dầu  $Q_o$  ( $m^3/ngđ$ ) của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2;
- lưu lượng nước  $Q_w$  ( $m^3/ngđ$ ) của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2.

Theo phương án cụ thể được ưu tiên khác, việc theo dõi và đo ghi thông số vận hành này được tiến hành từ thời điểm trước khi thực hiện quá trình bơm ép đến thời điểm kết thúc tại giếng khai thác 2 để đo, ghi nhận phục vụ xây dựng bộ thông số công nghệ làm việc phù hợp.

Trong công đoạn tiếp theo, định thông số làm việc của hóa phẩm và chuẩn bị dung dịch hóa phẩm cho bơm ép bao gồm độ nhớt hóa phẩm,  $\mu$ ; pH, H<sup>+</sup>; mật độ hóa phẩm,  $\rho$  được nhằm xây dựng tiêu chí đầu vào lựa chọn thiết bị chuyên dụng chuẩn bị cho bơm ép thử nghiệm. Theo một phương án, hóa phẩm bao gồm chất hoạt động bề mặt và polyme. Các hóa chất này được xác định trong phòng thí nghiệm, đảm bảo hiệu suất làm việc. Được xác định công thức và tỷ lệ phối trộn sao cho tạo ra hệ nhũ tương Winsor III với dầu vỉa. Cần lưu ý rằng, hóa phẩm được chọn lựa miễn là tạo ra hệ nhũ tương Winsor III mà là hệ nhũ tương ba pha bao gồm vi nhũ nước trong

dầu nằm giữa pha nước và pha dầu. Theo phương án cụ thể, chất hoạt động bề mặt và polyme tốt hơn là được chọn từ nhóm bao gồm:

- chất hoạt động bề mặt được chọn từ nhóm bao gồm natri olefin sulfonat (sodium olefin sulfonate - SOS), alkyl olefin sulfonat (alkyl olefin sulfonate - AOS) và nonyl phenol etoxylat (nonyl phenol ethoxylate - NPEO); và
- polyme được chọn từ nhóm bao gồm polyacrylamit được thủy phân (hydrolyzed polyacrylamide - HPAM), alkyl etoxy sulfate (alkyl ethoxy sulfate - AES), natri sulfonat dầu hỏa (sodium petroleum sulfonate), xanthan gum, scleroglucan, và schizophyllan.

Theo phương án cụ thể khác, hóa phẩm được chuẩn bị theo tỷ lệ thích hợp để đáp ứng thông số làm việc thích hợp bao gồm:

- độ nhớt hóa phẩm  $\mu_{hp}$  được chuẩn bị nằm trong khoảng từ 0,2 đến 50 cP;
- độ pH của hóa phẩm được chuẩn bị nằm trong khoảng từ 3 đến 9;
- mật độ hóa phẩm  $\rho$  được chuẩn bị nằm trong khoảng từ 1,001 đến 1,2 g/L.

Trong bước tiếp theo, thông số công nghệ của hệ thiết bị thử nghiệm làm việc đáp ứng yêu cầu, thiết kế chi tiết và xây dựng chuẩn bị hệ thống thiết bị làm việc phù hợp với hệ hóa phẩm sẽ được xác định. Theo một phương án, phần mềm chuyên ngành bao gồm HYSYS, Olga, trong đó phần mềm Hysis là phần mềm chuyên dụng để mô phỏng quá trình hóa học trong công nghiệp dầu khí và phần mềm Olga là phần mềm mô phỏng hệ thống đường ống, được sử dụng nhằm xác định thông số công nghệ của hệ thiết bị thử nghiệm làm việc đáp ứng yêu cầu, thiết kế chi tiết và xây dựng chuẩn bị hệ thống thiết bị làm việc phù hợp với hệ hóa phẩm. Các thông số được xây dựng bao gồm: Lưu lượng bơm ( $Q$ , m<sup>3</sup>/ngày), áp suất làm việc ( $P_{lv}$ , atm), và nếu cần cả công suất làm việc ( $P$ , kW). Cụ thể,

- Phương pháp tính toán xây dựng đặc tính tính làm việc của thiết bị cho hóa phẩm từ bồn chứa, bơm cao áp, ống mềm đến: Lưu lượng bơm ( $Q$ , m<sup>3</sup>/ngày), Công suất làm việc ( $P$ , kW), Áp suất làm việc ( $P_{lv}$ , atm), bề dày an toàn kỹ thuật của ống mềm, đường kính ống được xác định bằng phần mềm HYSYS;
- Phương pháp mô phỏng dòng chảy: Tính toán tổn hao áp suất thủy lực từ đó chính xác hóa các tham số áp suất làm việc, lưu lượng bơm ép được xác định bằng phần mềm Olga.

Theo phương án cụ thể, trong bước v) thông số công nghệ của hệ thống thiết bị được chuẩn bị phù hợp bao gồm:

- lưu lượng bơm  $Q$  (m<sup>3</sup>/ngày) của hóa phẩm được xác định bằng phần mềm Hysis nằm trong khoảng từ 50 đến 700 m<sup>3</sup>/ngày;
- áp suất làm việc  $P_{lv}$  của hóa phẩm được xác định bằng phần mềm Hysis nằm trong khoảng từ 15 đến 250 atm (1,52 đến 25,33 MPa);
- bề dày an toàn kỹ thuật của ống mềm tối thiểu được xác định bằng phần mềm Hysis khoảng 0,66 cm;

- đường kính trong của ống mềm được xác định bằng phần mềm Hysis nằm trong khoảng từ 5,08 đến 7,62 cm;
- tổn hao áp suất làm việc tại lưu lượng bơm ép tối đa được xác định bằng phần mềm Olga nằm trong khoảng từ 1,1 đến 2,7 atm/km (0,111 đến 0,274 MPa/km).

Các thông số nằm trong khoảng giá trị trên đây cho phép hệ thiết bị thử nghiệm làm việc đáp ứng yêu cầu, thiết kế chi tiết và xây dựng phù hợp với hệ hóa phẩm.

Sau đó, hệ thống thiết bị và hóa phẩm sẽ được chuẩn bị và tập kết khu vực hiện trường khai thác, kết nối và kiểm thử hệ thống thiết bị đảm bảo các hệ số an toàn kỹ thuật. Hóa phẩm được chứa trong các thùng chứa kín 4.1, được kết nối với bơm cao áp 4.4, đầu nối vào đầu giếng bơm ép bằng đường ống mềm 4.2 và được thử kín với áp suất cao khoảng 250 atm (25,33125 MPa). Đến công đoạn này, sáng chế cho phép đề xuất:

- Phương pháp lập kế hoạch xây dựng chương trình tập kết và các công việc chuẩn bị cho bơm ép thử nghiệm; và
- Phương pháp kiểm thử được sử dụng khi thiết bị thử nghiệm, hóa phẩm và con người đã sẵn sàng ở khu vực bơm ép, toàn bộ hệ thống được chạy thử và kiểm tra các tiêu chuẩn an toàn kỹ thuật phục vụ thử nghiệm.

Tiếp theo, tiến hành bơm ép hóa phẩm vào giếng bơm ép 1. Hóa phẩm từ thùng chứa 4.1 qua đường ống 4.2 và van chuyên dụng 6, được nén lên áp suất cao tới đầu giếng bơm ép 1 và đi vào vỉa chứa 3. Theo một phương án cụ thể, trong bước này, hóa phẩm được nén đến áp suất cao tới đầu giếng bơm ép 1 và đi vào vỉa 3 dưới điều kiện:

- áp suất làm việc  $P_{lv}$  của hóa phẩm được duy trì lớn hơn áp suất miệng giếng bơm ép  $P_m$ ;
- áp suất đáy giếng bơm ép  $P_d$  nhỏ hơn 1,3 lần áp suất vỉa  $P_v$  ( $P_d < 1,3 \cdot P_v$ ).

Đến công đoạn này, sáng chế cho phép đề xuất:

- Phương pháp thống kê được sử dụng để ghi chép, tổng hợp các số liệu trong quá trình thử nghiệm phục vụ xây dựng báo cáo và nguồn dữ liệu tham khảo;
- Phương pháp thông tin liên lạc được ứng dụng trong quá trình thử nghiệm giữa tàu dịch vụ bơm ép, phòng điều khiển trung tâm tại khu vực thử nghiệm và trung tâm điều hành sản xuất tại giàn công nghệ trung tâm (không được thể hiện trong hình vẽ).

Tiếp theo, thực hiện lấy mẫu định kỳ khu vực thử nghiệm và các giếng quan trắc, thực hiện phân tích mẫu nhằm đánh giá sự thay đổi tính chất dầu, nước và thời điểm hóa phẩm bắt đầu xuất hiện và thời điểm kết thúc tại giếng khai thác. Dựa trên kết quả phân tích, so sánh với kết quả phân tích trước bơm ép, đánh giá mức độ liên

thông và khả năng gia tăng thu hồi dầu của hóa phẩm qua kết quả phân tích các mẫu thu được.

Cần lưu ý rằng, khi hóa phẩm được bơm vào, chúng sẽ tương tác với dầu và nước trong giếng bơm ép 1, giếng khai thác 2 và vỉa 3 (vỉa chứa 3). Sau khi tương tác, hàm lượng cấu tử nặng trong tổng mẫu dầu sẽ bị giảm xuống do chất hoạt động bề mặt tác dụng trực tiếp với các cấu tử này nhưng tính chất dầu thay đổi, ví dụ độ nhớt tăng lên do xuất hiện một số nhũ tương. Tương tự, mẫu nước khi có hòa tan hóa phẩm, trong đó có Polyme sẽ tương tác với một số vi khoáng ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) khiến thành phần cấu tử một số khoáng hóa giảm xuống. Quá trình lấy liên tục và phân tích được xác nhận ảnh hưởng tới giếng khai thác bằng các chỉ thị trễ. Tuy nhiên, hóa phẩm không tồn tại mãi trong vỉa chứa và ảnh hưởng có tác dụng nhất định nên kết thành phần dầu và nước về cơ bản vẫn nằm trong dải giá trị đã được phân tích từ trước. Do đó, theo phương án cụ thể, trong bước này, đặc tính của dầu và nước thích hợp mà không cần tiến hành điều chỉnh nằm trong bộ thông số công nghệ làm việc bao gồm:

- độ nhớt hóa phẩm  $\mu_{hp}$  nằm trong khoảng 15 đến 30 cP tại điều kiện bề mặt trong giai đoạn bơm ép (có ảnh hưởng) của hóa phẩm;
- thành phần dầu  $\text{C}_{7+}$  nằm trong khoảng 20 đến 65% trong giai đoạn bơm ép (có ảnh hưởng) của hóa phẩm;
- hàm lượng khoáng hóa của nước nằm trong khoảng 3,5 đến 35 g/L trong giai đoạn bơm ép có (ảnh hưởng) của hóa phẩm.

Đến công đoạn này, sáng chế đề xuất:

- Phương pháp xây dựng kế hoạch lấy mẫu được áp dụng nhằm xác định vị trí, số lượng mẫu lấy, dựa trên kết quả phân tích nhằm đánh giá ảnh hưởng của hóa phẩm tới giếng khai thác và hoạt tính của hóa phẩm còn lại;

- Phương pháp phân tích mẫu nhằm xác định dấu hiệu của chất hoạt động bề mặt có trong mẫu nước khai thác thu được, ví dụ, bằng cách sử dụng thông tin dưới kính UV-Vis.

Sau khi có được các thông tin về thông số công nghệ của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2, thì tiến hành điều chỉnh, cập nhật các thông số công nghệ của giếng bơm ép 1 và giếng khai thác 2, trong đó hiệu suất gia tăng dầu tốt nhất khi việc điều chỉnh này tạo ra:

- lưu lượng dầu tối thiểu (lưu lượng dầu tối thiểu được xác định tại điều kiện bề mặt, đầu giếng khai thác)  $Q_{o\_min}$  là khoảng 1,05 lần lưu lượng dầu tại thời điểm lấy mẫu xác định  $Q_{oi}$  ( $1,05 \cdot Q_{oi}$ );
- lưu lượng nước bơm ép  $Q_{be}$  tối thiểu là 0,8 lần lưu lượng nước bơm ép tại thời điểm lấy mẫu xác định ( $0,8 \cdot Q_{be\_i}$ ).

Cần lưu ý rằng, trên thực tế khi bơm ép vào giếng, tùy thuộc chất lượng vỉa chứa và cấu tạo của hóa phẩm, hệ số tiếp nhận của giếng sẽ bị suy giảm do 02 lý do: Do độ nhớt của hóa phẩm lớn nên dịch chuyển chậm hơn nước, do đó, để duy trì lưu lượng bơm cần tăng áp suất bơm ép. Giá trị áp suất bơm ép được giới hạn bởi giá trị

áp suất phá vỡ vỉa. Tuy nhiên, lưu lượng điều chỉnh bơm ép không nhỏ hơn 80% lưu lượng bơm ép nước ban đầu. Nếu giá trị lưu lượng nhỏ hơn, hiệu quả hóa phẩm ảnh hưởng xấu tới vỉa chứa và không mang lại hiệu quả kinh tế. Ngoài ra, tác giả sáng chế còn phát hiện ra rằng lưu lượng bơm ép không thể nhỏ hơn 0,8 lần lưu lượng bơm ép ban đầu, do khi điều chỉnh giảm thấp hơn, chế độ làm việc của giếng khai thác sẽ bị thay đổi và do đó, không cùng mặt bằng so sánh với thời điểm ban đầu, đánh giá hiệu quả gia tăng thu hồi có độ tin cậy thấp. Hơn nữa, lưu lượng dầu được xác định gia tăng với giá trị tối thiểu 1,05 lần được coi là hóa phẩm có hiệu quả, do sai số 5% của thiết bị đo lường trên bờ mặt.

Trong bước cuối cùng, kết thúc theo dõi và đánh giá hiệu quả gia tăng thu hồi khi ba mẫu chất lưu được lấy liên tục trong chu kỳ lấy mẫu tiếp theo không còn ghi nhận dấu hiệu của hóa phẩm tại giếng khai thác 2. Hiệu quả được đánh giá bằng hiệu số của lưu lượng giếng thực tế với lưu lượng dầu được dự báo trong trường hợp không bơm ép hóa phẩm.

#### Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Quy trình bơm ép hóa phẩm nhằm tăng cường thu hồi dầu, khác biệt ở chỗ, sử dụng đồng thời nhiều thông tin và dữ liệu trên nhiều lĩnh vực (thành phần hóa học, thông số công nghệ, thông số vật lý, dữ liệu lịch sử khai thác) kết hợp với các thuật toán (thống kê đa biến, tính toán mô phỏng, mô hình dịch chuyển và tương tác hóa học, tương tác vật lý) để đưa ra hiệu quả của áp dụng công nghệ bơm ép nâng cao hệ số thu hồi dầu.

#### Số chỉ dẫn tham chiếu

- 1: Giếng bơm ép
- 2: Giếng khai thác
- 3: Vỉa
- 4: Hệ thống bơm ép hóa phẩm thử nghiệm
  - 4.1: Thùng chứa hóa phẩm
  - 4.2: Ống mềm
  - 4.3: Đường ống bơm ép nước
  - 4.4: Bơm cao áp
- 5: Hệ thống van đầu giếng ép
- 6: Hệ thống trên giàn khai thác
- 7: Điểm lấy mẫu chất lưu
- 8: Nút chặn (Packer)
- 9: Ống khai thác
- 10: Khoảng không vành xuyên
- 11: Bình tách
- 100: Tàu chứa dầu FSO

### Yêu cầu bảo hộ

1. Quy trình công nghệ bơm ép hóa phẩm nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu trong quá trình điều hành khai thác mỏ dầu khí, đặc trưng ở chỗ, quy trình này bao gồm các bước:

i) thu thập các mẫu lưu chất tại khu vực tiến hành thu hồi dầu bao gồm giếng bơm ép (1) và giếng khai thác (2), tiến hành phân tích độ nhớt dầu ( $\mu_o$ ), thành phần dầu ( $C_n$ ) và hàm lượng khoáng hóa của nước để xác định đặc tính của dầu và nước nhằm xây dựng đường cơ sở đối chứng trước khi tương tác với hóa chất trong quá trình bơm ép;

ii) theo dõi và đo ghi thông số vận hành của giếng bơm ép (1), giếng khai thác (2) và vỉa (3), trong đó các thông số được tiến hành theo dõi và đo ghi nhận bao gồm:

- áp suất miệng giếng  $P_m$  (atm) của giếng bơm ép (1) và giếng khai thác (2);
- áp suất đáy giếng  $P_d$  (atm) của giếng bơm ép (1) và giếng khai thác (2);
- áp suất vỉa  $P_v$  (atm) của vỉa (3);
- lưu lượng dầu  $Q_o$  ( $m^3/ngđ$ ) của giếng bơm ép (1) và giếng khai thác (2);
- lưu lượng nước  $Q_w$  ( $m^3/ngđ$ ) của giếng bơm ép (1) và giếng khai thác (2);

iii) lựa chọn hóa phẩm bao gồm chất hoạt động bề mặt và polyme, trong đó hóa chất được lựa chọn và phối trộn để tạo ra hệ nhũ tương Winsor III (hệ nhũ tương ba pha bao gồm vi nhũ nước trong dầu nằm giữa pha nước và pha dầu) với dầu trong vỉa trên cơ sở thông số về đặc tính dầu và nước trong vỉa được xác định trong bước i);

iv) xác định thông số làm việc, chuẩn bị dung dịch hóa phẩm cho quá trình bơm ép để xây dựng tiêu chí đầu vào cho việc lựa chọn thiết bị chuyên dụng cho quá trình bơm ép;

v) xác định thông số công nghệ của hệ thống thiết bị thử nghiệm làm việc đáp ứng yêu cầu, thiết kế chi tiết và chuẩn bị hệ thống thiết bị cho quá trình bơm ép phù hợp với hệ hóa phẩm trên đây bằng cách sử dụng phần mềm chuyên dụng bao gồm phần mềm Olga (mô phỏng hệ thống đường ống) và phần mềm Hysis (mô phỏng quá trình hóa học trong công nghiệp dầu khí);

vi) chuẩn bị, kết nối và kiểm thử hệ thống thiết bị và hóa phẩm để đảm bảo các hệ số an toàn kỹ thuật, trong đó hóa phẩm được chứa trong các thùng kín (4.1), được kết nối với bơm cao áp (4.4), đầu nối vào đầu giếng bơm ép (1) bằng đường ống mềm (4.2) và được thử kín ở áp suất cao;

vii) tiến hành bơm ép hóa phẩm vào giếng bơm ép (1), trong đó hóa phẩm được nén đến áp suất cao tới đầu giếng bơm ép (1) và đi vào vỉa (3) dưới điều kiện thích hợp;

viii) thực hiện lấy mẫu định tại giếng khai thác (2), tiến hành phân tích độ nhớt dầu ( $\mu_o$ ), thành phần dầu ( $C_n$ ) và hàm lượng khoáng hóa của nước trong mẫu thu được, trong đó đặc tính của dầu và nước thích hợp (không cần tiến hành điều chỉnh) nằm trong bộ thông số công nghệ làm việc;

ix) điều chỉnh, cập nhật các thông số công nghệ của giếng bơm ép (1) và giếng khai thác (2), trong đó hiệu suất gia tăng dầu tốt nhất khi việc điều chỉnh này tạo ra:

- lưu lượng dầu tối thiểu (lưu lượng dầu tối thiểu được xác định tại điều kiện bề mặt, đầu giếng khai thác)  $Q_{o\_min}$  là khoảng 1,05 lần lưu lượng dầu tại thời điểm lấy mẫu xác định  $Q_{oi}$  ( $1,05 \cdot Q_{oi}$ );
- lưu lượng nước bơm ép  $Q_{be}$  tối thiểu là 0,8 lần lưu lượng nước bơm ép tại thời điểm lấy mẫu xác định ( $0,8 \cdot Q_{be\_i}$ );

x) kết thúc theo dõi và đánh giá hiệu quả gia tăng thu hồi khi ba mẫu chất lưu được lấy liên tục trong chu kỳ lấy mẫu tiếp theo không còn ghi nhận dấu hiệu của hóa phẩm tại giếng khai thác (2).

2. Quy trình theo điểm 1, trong đó trong bước i), đặc tính của dầu và nước được xem là thích hợp cho quá trình bơm ép bao gồm:

- độ nhớt dầu  $\mu_o$  nằm trong khoảng từ 0,2 đến 50 cP;
- thành phần dầu  $C_{7+}$  nằm trong khoảng 20 đến 70%;
- hàm lượng khoáng hóa (tổng độ khoáng hóa) của nước nằm trong khoảng 3,5 đến 40 g/L.

3. Quy trình theo điểm 1 hoặc 2, trong đó trong bước ii), việc theo dõi và đo ghi thông số vận hành này được tiến hành từ thời điểm trước khi thực hiện quá trình bơm ép đến thời điểm kết thúc tại giếng khai thác (2) để đo, ghi nhận phục vụ xây dựng bộ thông số công nghệ làm việc phù hợp.

4. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước iii) chất hoạt động bề mặt và polyme tốt hơn là được chọn từ nhóm bao gồm:

- chất hoạt động bề mặt được chọn từ nhóm bao gồm natri olefin sulfonat (sodium olefin sulfonate - SOS), alkyl olefin sulfonat (alkyl olefin sulfonate - AOS) và nonyl phenol etoxylat (nonyl phenol ethoxylate - NPEO); và
- polyme được chọn từ nhóm bao gồm polyacrylamit được thủy phân (hydrolyzed polyacrylamide - HPAM), alkyl etoxy sulfate (alkyl ethoxy

sulfate - AES), natri sulfonat dầu hỏa (sodium petroleum sulfonate), xanthan gum, scleroglucan, và schizophyllan.

5. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước iv) hóa phẩm được chuẩn bị theo tỷ lệ thích hợp để đáp ứng thông số làm việc thích hợp bao gồm:

- độ nhớt hóa phẩm  $\mu_{hp}$  được chuẩn bị nằm trong khoảng từ 0,2 đến 50 cP;
- độ pH của hóa phẩm được chuẩn bị nằm trong khoảng từ 3 đến 9;
- mật độ hóa phẩm  $\rho$  được chuẩn bị nằm trong khoảng từ 1,001 đến 1,2 g/L.

6. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước v) thông số công nghệ của hệ thống thiết bị được chuẩn bị phù hợp bao gồm:

- lưu lượng bơm  $Q$  ( $m^3/ngày$ ) của hóa phẩm được xác định bằng phần mềm Hysis nằm trong khoảng từ 50 đến 700  $m^3/ngày$ ;
- áp suất làm việc  $P_{lv}$  của hóa phẩm được xác định bằng phần mềm Hysis nằm trong khoảng từ 15 đến 250 atm (1,52 đến 25,33 MPa);
- bề dày an toàn kỹ thuật của ống mềm tối thiểu được xác định bằng phần mềm Hysis khoảng 0,66 cm;
- đường kính trong của ống mềm được xác định bằng phần mềm Hysis nằm trong khoảng từ 5,08 đến 7,62 cm;
- tổn hao áp suất làm việc tại lưu lượng bơm ép tối đa được xác định bằng phần mềm Olga nằm trong khoảng từ 1,1 đến 2,7 atm/km (0,111 đến 0,274 MPa/km).

7. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước vi) áp suất cao là khoảng 250 atm (25,33125 MPa).

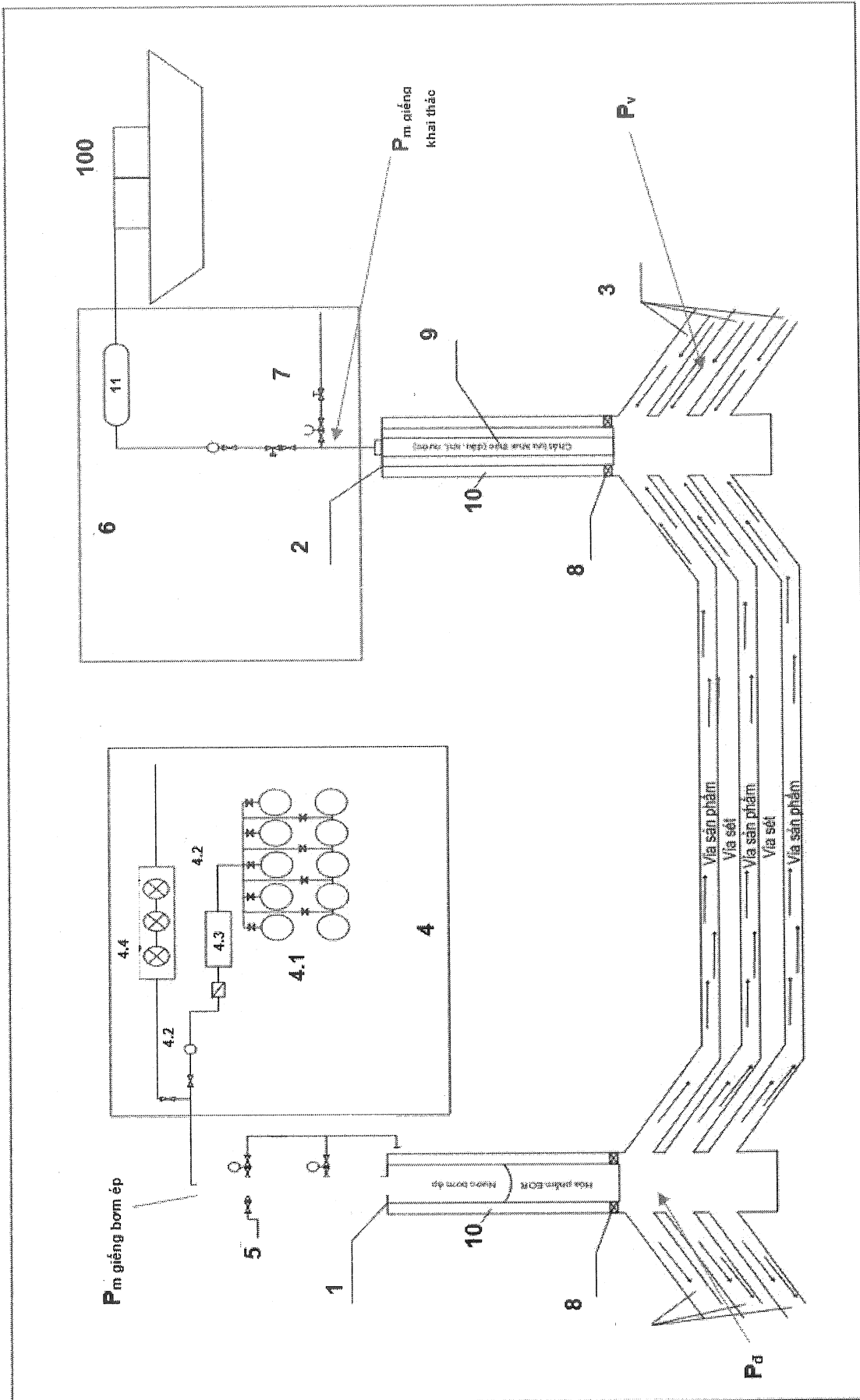
8. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước vii) hóa phẩm được nén đến áp suất cao tới đầu giếng bơm ép (1) và đi vào vỉa (3) dưới điều kiện:

- áp suất làm việc  $P_{lv}$  của hóa phẩm được duy trì lớn hơn áp suất miệng giếng bơm ép  $P_m$ ;
- áp suất đáy giếng bơm ép  $P_d$  nhỏ hơn 1,3 lần áp suất vỉa  $P_v$  ( $P_d < 1,3 \cdot P_v$ ).

9. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước viii) đặc tính của dầu và nước thích hợp (không cần tiến hành điều chỉnh) nằm trong bộ thông số công nghệ làm việc bao gồm:

- độ nhớt hóa phẩm  $\mu_{hp}$  nằm trong khoảng 15 đến 30 cP tại điều kiện bề mặt trong giai đoạn bơm ép của hóa phẩm;

- thành phần dầu  $C_{7+}$  nằm trong khoảng 20 đến 65% trong giai đoạn bơm ép (ảnh hưởng) của hóa phẩm;
- hàm lượng khoáng hóa của nước nằm trong khoảng 3,5 đến 35 g/L trong giai đoạn bơm ép của hóa phẩm.



## Hình 1