

# NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH HÓA THỰC NGHIỆM NHẪM XÁC ĐỊNH ĐIỀU KIỆN TỐI ƯU CHO QUÁ TRÌNH TÁCH NƯỚC TỪ DẦU THÔ BẰNG CÔNG NGHỆ BỨC XẠ VI SÓNG

ThS. Lê Thị Thu Hương, ThS. Hoàng Linh, ThS. Hoàng Long  
ThS. Trương Văn Dũng, KS. Lương Văn Tuyên  
Viện Dầu khí Việt Nam  
Email: huonglt@vpi.pvn.vn

## Tóm tắt

**Nhóm tác giả đã nghiên cứu chế tạo được 3 hệ nhũ tương nước/dầu từ dầu thô tầng Miocene, Oligocene trên và Oligocene dưới mỏ Bạch Hổ với tỷ lệ dầu/nước = 60/40, sử dụng chất nhũ hóa Span 80, nồng độ 500ppm. Nghiên cứu sử dụng phần mềm quy hoạch thực nghiệm Modde 5.0 nhằm tối ưu hóa các điều kiện tách nước trong nhũ tương nước/dầu bằng công nghệ bức xạ vi sóng. Kết quả thực hiện trên mô hình cho thấy, tại điều kiện tách nước tối ưu, hàm lượng nước còn lại trong dầu cao nhất là 0,5%.**

**Từ khóa:** Nhũ tương nước/dầu, bức xạ vi sóng, tối ưu hóa.

## 1. Giới thiệu

### 1.1. Sự hình thành và ổn định nhũ tương nước/dầu trong dầu thô

Nhũ tương nước trong dầu thô là một hệ thống dị thể chứa ít nhất một pha lỏng không tan, phân tán dưới dạng các giọt trong một pha lỏng khác với đường kính khoảng từ 0,1 - 20µm. Các giọt chất lỏng này được làm bền bởi các tác nhân tạo nhũ như nhựa, asphaltene... và được gọi là pha phân tán. Chất lỏng bao quanh các giọt phân tán được gọi là pha liên tục. Nhũ tương nước trong dầu thô hình thành trong suốt quá trình khai thác dầu thô. Độ ổn định của nhũ tương phụ thuộc nhiều vào bản chất dầu thô và có thể tồn tại trong khoảng từ vài phút đến vài năm [1, 2].

Dầu thô trong một số trường hợp bao gồm dãy các hydrocarbon như paraffin, naphthalene, hợp chất thơm, phenol, các carboxylic acid, phức kim loại và các hợp chất dị tố chứa lưu huỳnh (S), nitrogen (N). Số nguyên tử carbon trong tất cả các thành phần này có thể từ 1 đến 50 hoặc nhiều hơn như asphaltene. Trong đó, một số hợp chất như nhựa, asphaltene, sáp và các naphthenic acid có khả năng hình thành lớp màng trên bề mặt liên diện dầu/nước, là các tác nhân làm ổn định nhũ hay được gọi là các hợp chất tạo nhũ tương tự nhiên trong dầu thô [3, 4].

Nhũ tương là sản phẩm không mong muốn bởi vì có một lượng nước phân tán chứa trong thiết bị vận hành và đường ống làm tăng chi phí đầu tư và vận hành. Ngoài ra, các đặc trưng và tính chất vật lý dầu thô thay đổi đáng

kể khi bị nhũ hóa. Tỷ trọng của dầu thô có thể tăng từ 0,800g/l lên đến 1,030g/l khi có nhũ. Sự thay đổi điển hình nhất là độ nhớt dầu thô có thể tăng từ vài mPa.giây lên đến 1.000mPa.giây, gây ra các tác hại chính như: làm tăng công suất bơm, ăn mòn bơm, hệ thống đường ống, ngộ độc xúc tác [5, 6].

Thành phần của dầu thô phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: nguồn gốc và vị trí nơi khai thác, độ sâu và độ tuổi của mỏ. Ngoài thành phần chính là hỗn hợp hydro và carbon, dầu thô còn chứa: S, N, O, Ni, Vanadium (V), Cu, Fe... Các thành phần chính trong nhũ tương dầu thô là: asphaltene, nhựa, sáp, hạt rắn và mền của nước trong quá trình khai thác.

Asphaltene trong dầu thô có khối lượng mol từ 0,4 - 1,5kg/mol, không có điểm chảy xác định, không bay hơi, phân hủy ở nhiệt độ trên 300 - 400°C, không tan trong phân tử alkane, khối lượng phân tử thấp (như pentane hoặc heptane) nhưng tan được trong dung môi methylbenzene. Các phân tử asphaltene thường chứa các vòng thơm ngưng tụ có gắn các dị tố như N, S và O. Do có tính chất phân cực, asphaltene là chất hoạt động bề mặt có xu hướng hấp phụ ở bề mặt ranh giới và làm ổn định nhũ tương nước/dầu.

Nhựa là hợp chất không bay hơi, phân cực của dầu thô. Các thành phần này tan trong pentane, heptane và dung môi thơm như methylbenzene nhưng lại không tan trong propanol-2. Các dạng cấu trúc của phân tử nhựa tương tự hợp chất thơm. Tuy nhiên, phân tử nhựa có khối lượng phân tử cao hơn, độ phân cực lớn hơn, chứa nhiều dị tố hơn và tỷ lệ H/C thấp hơn so với hợp chất thơm. Thành

phần của nhựa có chứa C, H, O, N và các loại naphthenic acid. Phân tử nhựa có tỷ lệ H/C cao hơn vì vậy ít vòng thơm hơn phân tử asphaltene.

Sáp là các phân tử alkane có khối lượng phân tử lớn. Các phân tử sáp có thể kết hợp với gốc hydrocarbon của acid béo làm ổn định bề mặt ranh giới hai pha. Sự ổn định nhũ tương tăng khi các tinh thể sáp trong dầu thô tăng và giảm khi chúng bị hòa tan. Khi nhiệt độ tăng, các phân tử sáp bị hòa tan dần dần cho đến nhiệt độ gần 60°C sẽ hòa tan hoàn toàn trong dung dịch, do đó có thể tăng hiệu quả tách nước trong dầu thô.

Các chất rắn phân tán (như muối, tinh thể sáp và các hạt sét) có thể đóng vai trò ổn định nhũ tương. Tuy nhiên, vai trò chất rắn trong việc ổn định nhũ bị ảnh hưởng do kích thước của chúng. Trong quá trình khai thác, nhũ tương làm bền bởi chất rắn được hình thành tự nhiên do sự trộn lẫn dầu, nước và muối khoáng.

## 1.2. Tách nhũ tương nước/dầu bằng công nghệ sử dụng bức xạ vi sóng

Vi sóng là bức xạ điện từ có tần số trong khoảng 300MHz - 300GHz. Năng lượng vi sóng là bức xạ không ion hóa gây ra chuyển động phân tử nhờ dịch chuyển các ion và quay lưỡng cực nhưng không làm thay đổi cấu trúc phân tử và bước sóng thay đổi từ vài cm đến vài mm. Trong quá trình xử lý nhiệt thông thường, năng lượng được truyền cho vật liệu thông qua quá trình dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ nhiệt từ bề mặt của vật liệu. Trong khi đó, năng lượng vi sóng được truyền trực tiếp cho vật liệu thông qua tương tác phân tử với trường điện từ. Trong quá trình truyền nhiệt, năng lượng được truyền nhờ gradient nhiệt nhưng gia nhiệt nhờ vi sóng là quá trình chuyển năng lượng điện từ thành năng lượng nhiệt và là quá trình chuyển hóa năng lượng, chứ không đơn thuần là truyền nhiệt. Sự khác biệt trong cách truyền năng lượng có thể dẫn đến nhiều lợi ích tiềm năng để sử dụng vi sóng trong chế biến vật liệu. Vì vi sóng có thể xuyên qua vật liệu nên nhiệt có thể được tạo ra tại mọi điểm trong khối vật liệu. Quá trình truyền nhiệt không dựa trên sự khuếch tán nhiệt từ bề mặt và có thể đạt được rất nhanh và gia nhiệt đồng đều cho các vật liệu dày [5].

Sử dụng nhiệt vi sóng để phá nhũ tương nước/dầu đã thu hút sự quan tâm nghiên cứu của các nhà khoa học từ những năm 70 của thế kỷ XX. Nhiệt vi sóng có thể phá vỡ nhũ tương, cho phép tách dầu và nước nhanh hơn dưới tác dụng của sóng điện từ. Sóng điện từ xuyên qua bề mặt được chuyển thành năng lượng nhiệt bên trong vật liệu theo một cách khác so với các phương pháp gia nhiệt

truyền thống. Phương pháp vi sóng đã tạo ra một quá trình gia nhiệt sạch, không gây ô nhiễm, cho sản phẩm chất lượng cao.

Công nghệ tách vi sóng cung cấp một công nghệ xử lý nhũ tương một cách nhanh chóng với giá thành thấp.

- Cải tiến được khâu vận hành thiết bị;
- Giảm giá thành;
- Sinh lợi nhiều, rút ngắn thời gian hoàn vốn.

Công nghệ tách vi sóng khác biệt với các phương pháp tách thông thường khác vì sử dụng phương pháp vật lý tốt hơn là phương pháp hóa học để phá vỡ sự bền vững của nhũ tương. Công nghệ tách vi sóng sử dụng sự rung nhanh của trường điện - điện từ và một ái lực để nạp năng lượng lựa chọn cho các phân tử phân cực, giúp bề gây sự bền vững của nhũ tương nước/dầu.

## 2. Thực nghiệm

### 2.1. Nguyên liệu và thiết bị

- Nguyên liệu: Nước biển và nước khai thác của mỏ Bạch Hổ, nước biển nhân tạo (với nước cất 2 lần và 1% NaCl), các muối hòa tan của Ca và Mg, chất hóa nhũ Span 80, mẫu dầu đại diện cho các tầng sản phẩm.

- Thiết bị: Dụng cụ thủy tinh (cốc, đĩa, ống đong), máy khuấy có xác định tốc độ vòng quay, tủ nhiệt, bể ổn định nhiệt, thiết bị tách nhũ bằng công nghệ bức xạ vi sóng.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1. Tạo nhũ nước trong dầu thô

Chuẩn bị nhũ tương theo tiêu chuẩn ASTM D1401 (Mỹ). Hỗn hợp giữa dầu và nước biển theo tỷ lệ dầu thô/nước biển = 60/40 với sự bổ sung 500ppm chất tạo nhũ tương (Span 80), mẫu được đưa vào tủ nhiệt ở nhiệt độ 65°C và được ổn định nhiệt trong thời gian tối thiểu 30 phút. Hỗn hợp sẽ được khuấy trộn trong bể ổn định nhiệt trong 15 phút với vận tốc 1.500 vòng/phút.

Quan sát độ bền của mẫu nhũ tương: Mẫu được đặt kín, tránh để bay hơi nước và thành phần nhẹ có trong

**Bảng 1.** Hàm lượng asphaltene trong các mẫu dầu

| Tầng sản phẩm  | Mẫu dầu    | Hàm lượng asphaltene (% khối lượng) |
|----------------|------------|-------------------------------------|
| Miocene        | Giếng 478  | 25                                  |
| Oligocene trên | Giếng 1014 | 2,83 - 4,37                         |
| Oligocene dưới | Giếng 1120 | 1,96                                |



Hình 1. Thiết bị tách nhũ tương công nghệ vi sóng

dầu. Quan sát và ghi lại số liệu về sự tách nước của mẫu nhũ tương trong khoảng thời gian 1 tiếng/lần cho quá trình phá vỡ nhũ tương. Sau khi quan sát, các mẫu được cho vào tủ nhiệt, duy trì ở nhiệt độ 65°C cho đến khi kết thúc thí nghiệm. Mẫu nhũ tương bền sẽ được sử dụng cho các thí nghiệm tách nước bằng công nghệ bức xạ vi sóng.

### 2.2.2. Tách nhũ tương nước/dầu bằng thiết bị bức xạ vi sóng

Cho 100ml mẫu nhũ tương vào bình chứa mẫu (kích thước 88 x 132mm), đặt trong thiết bị vi sóng dân dụng, công suất bức xạ vi sóng được đặt ở 3 mức (0,5kW, 1kW và 1,5kW) để đánh giá, với thời gian bức xạ khác nhau (từ 20 phút tới 60 phút). Ghi lại nhiệt độ và thời gian tách nước khỏi nhũ tương nước/dầu. Lượng nước được tách ra và ổn định được lắng xuống dưới đáy của bình thí nghiệm do trọng lực. Theo dõi và kiểm tra lượng nước tách ra khoảng 10 phút/lần cho tới khi lượng nước tách ra không đổi. Phần dầu sau khi tách nước được phân tích để xác định hàm lượng nước còn lại theo tiêu chuẩn ASTM D4006.

### 2.2.3. Thiết kế quy hoạch thực nghiệm

#### \* Phương pháp quy hoạch thực nghiệm

Nhóm tác giả sử dụng phương pháp quy hoạch hóa thực nghiệm để nghiên cứu, xây dựng các quy luật thực nghiệm nhằm giảm bớt số thí nghiệm. Một đa thức tổng quát (phương trình hồi quy) có thể mô tả cho bất kỳ hàm số nào. Đa thức có: đa thức bậc 1, bậc 2... bậc n. Tương ứng với các bậc của đa thức là độ chính xác của mô hình. Bậc càng cao thì mô hình mô tả càng chính xác quy luật và ngược lại:

$$y = \sum_i^n b_i x_i + \sum_{i < j}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i < j < k}^n b_{ijk} x_i x_j x_k + \dots + \sum_i^n b_{ii} x_i^2 + \dots$$

Trong đó:

-  $y$ : Hàm mục tiêu, mô hình nghiên cứu mô tả quy luật tìm được;

- $x_i$ : Nhân tố hoặc sự kiện hay yếu tố ảnh hưởng lên hàm mục tiêu;
- $b_i$ : Hệ số hồi quy bậc 1, mô tả định tính định lượng ảnh hưởng của các nhân tố  $x_i$  lên hàm mục tiêu;
- $b_{ij}$ : Hệ số hồi quy bậc 1, mô tả ảnh hưởng đồng thời của 2 nhân tố  $x_i, x_j$ ;
- $b_{ijk}$ : Hệ số hồi quy bậc 1, mô tả ảnh hưởng đồng thời của 3 nhân tố  $x_i, x_j, x_k$ ;
- $b_{ii}$ : Hệ số hồi quy bậc 2, mô tả ảnh hưởng bậc 2 của nhân tố  $x_i$  lên kết quả thực nghiệm.

Hệ số hồi quy của phương trình hồi quy cho biết:

- Giá trị tuyệt đối  $b_i$  mô tả mức độ ảnh hưởng của nó: giá trị lớn nhất có ảnh hưởng mạnh, giá trị nhỏ nhất thì ảnh hưởng yếu hoặc không ảnh hưởng.
- Về dấu của hệ số  $b$ :

$b > 0$ : Ảnh hưởng tích cực lên hàm mục tiêu vì làm hàm mục tiêu tăng lên;

$b < 0$ : Ảnh hưởng tiêu cực lên hàm mục tiêu vì làm hàm mục tiêu giảm đi.

Ý nghĩa của hàm mục tiêu: Phương trình hàm mục tiêu hoặc phương trình hồi quy nhằm mô tả ảnh hưởng của các yếu tố ảnh hưởng lên quá trình bằng một phương trình. Khi tìm được hàm mục tiêu mô tả đúng thực nghiệm, sẽ tính trước được giá trị hàm mục tiêu, tức là tính được kết quả nghiên cứu mà không cần làm nghiên cứu.

Nguyên tắc tìm các hệ số hồi quy: có bao nhiêu ẩn (hệ số hồi quy  $b$ ) thì ít nhất phải có bấy nhiêu phương trình (nếu không thì phương trình sẽ vô định hoặc vô nghiệm).

- Quy trình thực hiện tối ưu hóa

Phương pháp tối ưu hóa thống kê dựa trên quy hoạch ma trận nhiều yếu tố là phương pháp hiệu quả nhất nhằm tìm ra điều kiện tối ưu cho quá trình tách nhũ bằng công nghệ vi sóng thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật đề ra. Thời gian tách nhũ và các mức công suất sóng siêu cao tần là các biến thực nghiệm và hàm mục tiêu sẽ là hàm lượng nước còn lại trong dầu sau khi tách nhũ. Thời gian và công suất sóng siêu cao tần tối ưu để hàm lượng nước còn lại trong dầu đạt giá trị cực tiểu.

- Giải bài toán tối ưu theo các bước sau:

**Bảng 2.** Thiết kế quy hoạch thực nghiệm

| Nhân tố                          | Biến mã hóa (X) |     |    |     |
|----------------------------------|-----------------|-----|----|-----|
|                                  | Nhân tố gốc     | -1  | 0  | 1   |
| Công suất sóng siêu cao tần (kW) | x1              | 0,5 | 1  | 1,5 |
| Thời gian (phút)                 | x2              | 20  | 40 | 60  |

+ Tiến hành một số thí nghiệm thăm dò nhằm xác định miền khảo sát các điều kiện tiến hành tách nhũ phù hợp với yêu cầu kỹ thuật cũng như điều kiện áp dụng thực tế;

+ Xác định phương trình hồi quy theo quy hoạch ma trận các yếu tố toàn phần bằng phần mềm thống kê Modde 5.0;

+ Xác định mức độ phù hợp của mô hình hồi quy được thể hiện qua giá trị của  $R^2$ ;

+ Xác định điều kiện tối ưu cho quá trình tách nhũ bằng công nghệ bức xạ vi sóng;

+ Sử dụng phần mềm Modde 5.0 để vẽ mặt tối ưu cho quá trình tách nhũ.

Điều kiện tiến hành thí nghiệm: Khảo sát ảnh hưởng của 2 yếu tố độc lập: công suất sóng siêu cao tần (x1), thời gian (x2), tới hàm mục tiêu tỷ lệ lượng nước còn lại trong dầu (y):

- Thí nghiệm theo quy hoạch tối ưu hóa bằng phương trình hồi quy bậc hai.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1x_2$$

- Phương trình được xác định dựa trên kết quả kiểm tra chuẩn Fisher. Mức độ phù hợp của mô hình hồi quy được thể hiện qua giá trị của  $R^2$  cũng như việc xác định điều kiện tối ưu cho quá trình tách nhũ tương nước/dầu được xác định trên phần mềm Modde 5.0.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Đánh giá khả năng bền nhũ tương nước/dầu trong dầu thô

Chất nhũ hóa Span 80 với nồng độ 500ppm được sử dụng để đánh giá khả năng bền nhũ với 3 loại dầu của mỏ Bạch Hổ. Kết quả về khả năng bền nhũ thông qua tỷ lệ nước tách ra của các mẫu nhũ tương theo thời gian được trình bày trong Bảng 3.

Kết quả về tỷ lệ nước tách ra của nhũ tương theo thời gian với sự có mặt của chất nhũ hóa Span 80 cho thấy khả năng bền nhũ với tỷ lệ dầu/nước = 40/60 là tương đối tốt. Các kết quả này chỉ ra tỷ lệ nước tách ra không đáng kể, với tỷ lệ nước tách ra sau 72 giờ là 0,2%; 0,3%

**Bảng 3.** Khả năng bền nhũ nước/dầu sử dụng Span 80 với tỷ lệ dầu/nước = 60/40

| Thời gian (giờ) | Tỷ lệ nước tách ra của các mẫu nhũ tương theo thời gian (%) |                             |                             |
|-----------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                 | Miocene (Giếng 478)                                         | Oligocene trên (Giếng 1014) | Oligocene dưới (Giếng 1120) |
| 1               | 0                                                           | 0                           | 0                           |
| 6               | 0                                                           | 0                           | 0                           |
| 12              | 0                                                           | 0                           | 0                           |
| 18              | 0                                                           | 0                           | 0                           |
| 24              | 0                                                           | 0                           | 0                           |
| 30              | 0                                                           | 0                           | 0                           |
| 36              | 0                                                           | 0                           | 0                           |
| 42              | 0                                                           | 0                           | 0                           |
| 48              | 0,0                                                         | 0,1                         | 0,1                         |
| 54              | 0,1                                                         | 0,1                         | 0,2                         |
| 60              | 0,1                                                         | 0,2                         | 0,2                         |
| 66              | 0,2                                                         | 0,3                         | 0,3                         |
| 72              | 0,2                                                         | 0,3                         | 0,4                         |

**Bảng 4.** Kết quả thực nghiệm xác định phần tỷ lệ nước còn lại trong dầu

| TT | Công suất (kW) | Thời gian (phút) | Tỷ lệ nước còn lại trong dầu (%) |                             |                            |
|----|----------------|------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|    |                |                  | Dầu khai thác từ giếng 1120      | Dầu khai thác từ giếng 1014 | Dầu khai thác từ giếng 478 |
| 1  | 0,5            | 20               | 6,1                              | 6,1                         | 7,2                        |
| 2  | 1,0            | 20               | 4,5                              | 3,2                         | 4,5                        |
| 3  | 1,5            | 20               | 3,0                              | 3,7                         | 5,0                        |
| 4  | 0,5            | 40               | 3,2                              | 2,2                         | 3,2                        |
| 5  | 1,0            | 40               | 2,0                              | 1,1                         | 1,1                        |
| 6  | 1,5            | 40               | 0,8                              | 1,7                         | 1,2                        |
| 7  | 0,5            | 60               | 2,6                              | 1,6                         | 1,5                        |
| 8  | 1,0            | 60               | 1,6                              | 0,6                         | 1,6                        |
| 9  | 1,5            | 60               | 0,3                              | 0,9                         | 1,2                        |
| 10 | 1,0            | 40               | 1,1                              | 1,1                         | 1,2                        |
| 11 | 1,0            | 40               | 1,2                              | 1,2                         | 1,1                        |
| 12 | 1,0            | 40               | 1,1                              | 1,1                         | 1,1                        |
| 13 | 1,0            | 40               | 1,0                              | 1,0                         | 1,0                        |

và 0,4% tương ứng với dầu thô khai thác từ giếng 478, 1014, 1120.

#### 3.2. Khảo sát điều kiện tách nhũ tối ưu bằng công nghệ sử dụng bức xạ vi sóng

Với từng loại dầu, nhóm tác giả tiến hành 13 thí nghiệm gồm 8 thí nghiệm ma trận yếu tố toàn phần và 5 thí nghiệm tại tâm (Bảng 4).



Từ kết quả ở Bảng 4, nhóm tác giả tiến hành tối ưu hóa các điều kiện tách nước cho dầu khai thác tại từng giếng trên phần mềm Modde 5.0. Theo đó, có thể viết phương trình hồi quy mô tả sự phụ thuộc của giá trị tỷ lệ nước còn lại trong dầu (y) vào các nhân tố: công suất sóng siêu cao tần (x1), thời gian tách nhũ (x2) cho dầu thô khai thác tại từng giếng như sau:

- Dầu khai thác từ giếng 1120 tầng Oligocene dưới:

$$Y = 1,39 - 1,3x_1 - 1,52x_2 + 1,4x_2^2$$

- Dầu khai thác từ giếng 1014 tầng Oligocene trên:

$$Y = 1 - 0,6x_1 - 1,65x_2 + x_1^2 + 0,96x_2^2 + 0,43x_1x_2$$

- Dầu khai thác từ giếng 478 tầng Miocene:

$$Y = 1,16 - 0,75x_1 - 2,07x_2 + 0,9x_1^2 + 1,75x_2^2$$

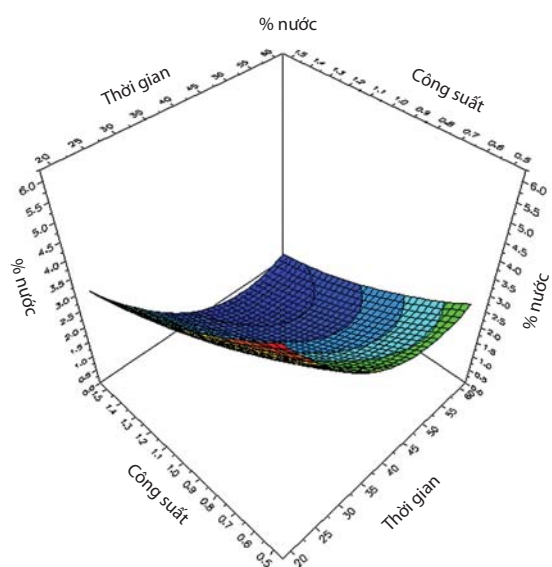
Phương trình hồi quy cho thấy sự tương tác của thời gian và công suất sóng siêu cao tần, sự ảnh hưởng đến khả năng tách nước của hệ nhũ tương nước/dầu.

Với dầu khai thác từ giếng 1120, mức độ phù hợp của mô hình hồi quy được thể hiện qua giá trị  $R^2 = 0,97$  và độ tương thích của mô hình  $Q^2 = 0,87$ .

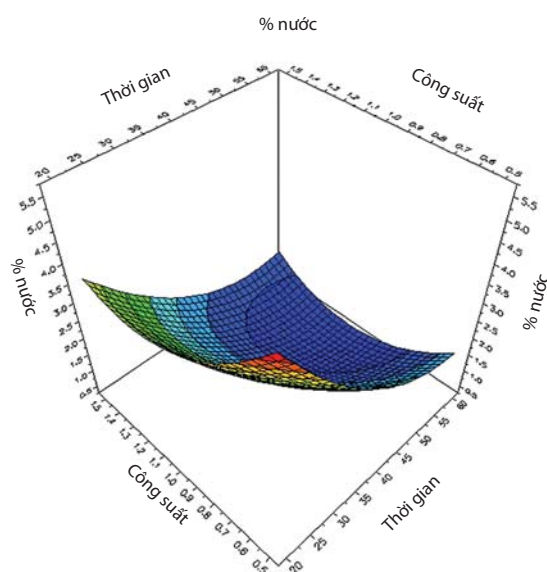
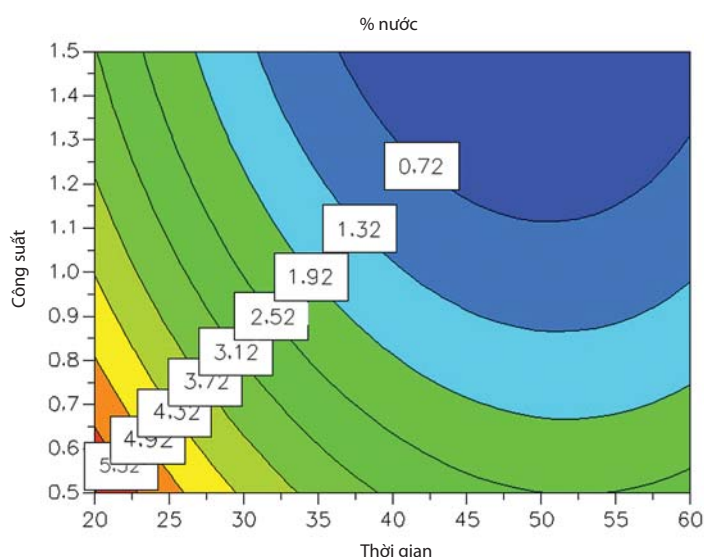
Với dầu khai thác từ giếng 1014, mức độ phù hợp của mô hình hồi quy được thể hiện qua giá trị  $R^2 = 0,97$  và độ tương thích của mô hình  $Q^2 = 0,72$ .

Với dầu khai thác từ giếng 478, mức độ phù hợp của mô hình hồi quy được thể hiện qua giá trị  $R^2 = 0,95$  và độ tương thích của mô hình  $Q^2 = 0,97$ .

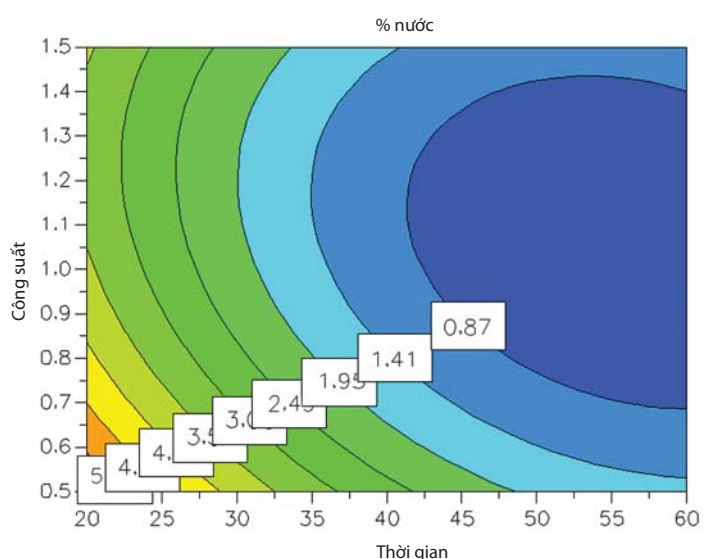
Xây dựng bề mặt tối ưu: Hình 2, 3, 4 là bề mặt tối ưu

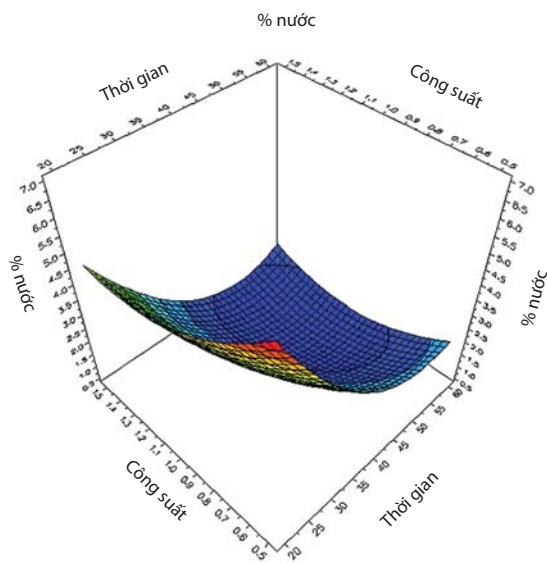


**Hình 2.** Bề mặt tối ưu cho quá trình tách nhũ đối với dầu thô khai thác từ giếng 1120 tầng Oligocene dưới

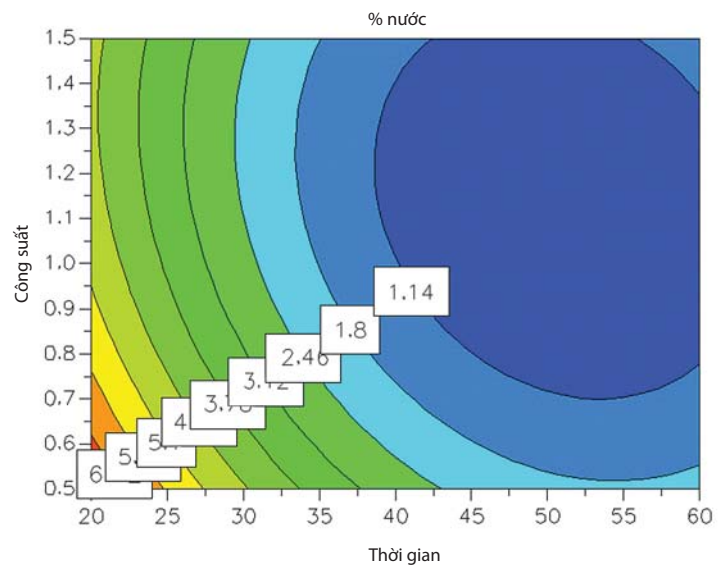


**Hình 3.** Bề mặt tối ưu cho quá trình tách nhũ đối với dầu thô khai thác từ giếng 1014 tầng Oligocene trên





Hình 4. Bề mặt tối ưu cho quá trình tách nhũ đối với dầu thô khai thác từ giếng 478 tầng Miocene



Bảng 5. Điều kiện tối ưu được chỉ ra bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm

| Loại dầu thô | Điều kiện tối ưu | Công suất sóng siêu cao tần (kW) | Thời gian tách nhũ (phút) | Lượng nước còn lại trong dầu (%) |
|--------------|------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Giếng 1120   |                  | 1,2                              | 50                        | 0,5                              |
| Giếng 1014   |                  | 1,0                              | 56                        | 0,3                              |
| Giếng 478    |                  | 1,2                              | 50                        | 0,5                              |

cho quá trình tách nhũ đối với dầu thô khai thác tại từng giếng, biểu thị sự biến thiên tỷ lệ nước tách được theo công suất sóng siêu cao tần (x1), thời gian tách nhũ (x2).

Điều kiện tối ưu cho quá trình tách nhũ đối với dầu thô khai thác tại từng giếng bằng công nghệ sử dụng bức xạ vi sóng được thể hiện trong Bảng 5.

#### 4. Kết luận

Nhóm tác giả đã tạo hệ nhũ tương nước dầu bền với tỷ lệ dầu/nước = 60/40 được áp dụng để nghiên cứu tách nhũ tương sử dụng kỹ thuật gia nhiệt vi sóng.

Đánh giá và xác định điều kiện tối ưu cho quá trình tách nhũ tương nước/dầu cho các loại dầu tại các giếng: 478 Miocene, 1014 Oligocene trên, 1120 tầng Oligocene dưới của mỏ Bạch Hổ như: Thời gian cần thiết để hoàn thành quá trình tách; công suất sóng siêu cao tần tối ưu; xác định khả năng tách nước tối đa cho các loại dầu.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm lượng asphaltene có mặt trong dầu cũng ảnh hưởng tới quá trình tách nước từ các mẫu nhũ tương (hàm lượng asphaltene tại các giếng được xếp theo thứ tự tăng dần: giếng 1120 tầng Oligocene dưới, giếng 1014 tầng Oligocene trên, giếng 478 tầng Miocene đồng nghĩa với khả năng tách nhũ giảm dần).

#### Tài liệu tham khảo

1. Abdurahman H.Nour, Rosli Mohd Yunus, Zulkifly Jemaat. *Study on demulsification of water-in-oil emulsions via microwave heating technology*. Journal of Applied Sciences. 2006; 6(9): p. 2060 - 2066.
2. Manar El-Sayed Abdel-Raouf, Abdul-Raheim Mahmoud Abdul-Raheim, Abdel-Azim Ahmed Abdel-Azim. *Surface properties and thermodynamic parameters of some sugar- based ethoxylated amine surfactants: 1-Synthesis, characterization, and demulsification efficiency*. Journal of Surfactants and Detergents. 2011; 14: p.113 - 121.
3. Michael Stang, Heike Karbstein, Helmar Schubert. *Adsorption kinetics of emulsifiers at oil-water interfaces and their effect on mechanical emulsification*. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 1994; 33(5): p. 307 - 311.
4. Géza Horváthz- Szabó, Jacob H.Masliyah, Janet A.W.Elliott, Harvey W.Yarranton, Jan Czarnecki. *Adsorption isotherms of associating asphaltenes at oil/water interfaces based on the dependence of interfacial tension on solvent activity*. Journal of Colloid and Interface Science. 2005; 283(1): p. 5 - 17.

5. Y.H.Hui. *Handbook of food science, technology and engineering*. Taylor and Francis. 2006; 3.
6. William J.Klaila. *Method and apparatus for controlling fluency of high viscosity hydrocarbon fluids*. US Patent RE31241E. 1983; 4: p. 582 - 629.
7. Lê Đức Ngọc. *Xử lý số liệu và kế hoạch hóa thực nghiệm*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội. 2001.
8. Robert L.Mason, Richard F.Gunst, James L.Hess. *Statistical design and analysis of experiments*. Wiley-Interscience. 2003.

## Study of experimental model to determine optimal conditions for water separation from crude oil using microwave radiation technology

**Le Thi Thu Huong, Hoang Linh, Hoang Long  
Truong Van Dung, Luong Van Tuyen**  
Vietnam Petroleum Institute

### Summary

***The authors established three water/oil emulsions from crude oil in Miocene, Upper and Lower Oligocene of Bach Ho field with an oil-water ratio of 60:40, using Span 80 as an emulsifier, concentration of 500ppm. The study has used the software for statistical design and analysis of experiments (Modde 5.0) to optimise the conditions for separating water from water/oil emulsions by microwave radiation technology. The results show that the percentage of residual water in crude oil is not higher than 0.5% under the optimal conditions.***

**Key words:** Water/oil emulsion, microwave radiation, optimisation.