

# XÁC ĐỊNH LOẠI VẬT LIỆU HỮU CƠ BAN ĐẦU VÀ ĐỘ TRƯỞNG THÀNH DẦU BỂ CỬU LONG DỰA VÀO CHỈ SỐ HEPTANE VÀ ISO HEPTANE

ThS. Nguyễn Mạnh Hùng<sup>1,2</sup>, PGS. TSKH. Hoàng Đình Tiến<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Dầu khí Việt Nam

<sup>2</sup>Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh

Email: hungnm@vpi.pvn.vn

## Tóm tắt

**Phân đoạn nhẹ của dầu chỉ ra mức độ biến đổi catagenetic của đá mẹ và vật liệu hữu cơ thành tạo dầu. Hai chỉ số heptane (H) và iso heptane (I) chính là tỷ số giữa paraffin thông thường với naphthene và mạch nhánh paraffin với naphthene. Bài báo này giới thiệu phương pháp xác định 2 chỉ số heptane, iso heptane và ứng dụng để xác định loại vật liệu hữu cơ ban đầu. Đặc biệt là hàm tương quan thực nghiệm giữa chỉ số heptane với chỉ số phản xạ vitrinite (% Ro) đã được xây dựng cho dầu trong bồn trũng Cửu Long. Qua các chỉ số này cho thấy bồn trũng Cửu Long dầu khí phần lớn được sinh ra từ kerogen II và I trong giai đoạn cửa sổ tạo dầu và trưởng thành cao.**

**Từ khóa:** Chỉ số heptane, chỉ số iso heptane, phản xạ vitrinite, độ trưởng thành, kerogen.

## 1. Giới thiệu

Có rất nhiều chỉ tiêu để đánh giá mức độ trưởng thành của vật liệu hữu cơ, đặc biệt là các dấu tích sinh vật (biomarker). Quá trình nhiệt động học dẫn đến đứt vỡ các vật liệu hữu cơ cho hình thành các cấu tử alkane mạch thẳng, alkane mạch nhánh và các mạch vòng naphthene khác nhau. Vì vậy, nghiên cứu kỹ các đặc điểm của thành phần nhẹ trong dầu sẽ cho biết nhiều thông tin liên quan đến quá trình thành tạo của dầu.

Quá trình gia tăng nhiệt động dẫn tới quá trình gia tăng mức độ trưởng thành nhiệt của dầu khí và chủ yếu làm gãy các liên kết lại dẫn đến làm giảm hàm lượng mạch vòng naphthene trong dầu. Chỉ số heptane và iso heptane được sử dụng để đánh giá mức độ paraffin hóa,

là tỷ số giữa paraffin mạch thẳng với các nhóm mạch vòng naphthene và tỷ số giữa paraffin mạch nhánh với nhóm mạch vòng naphthene.

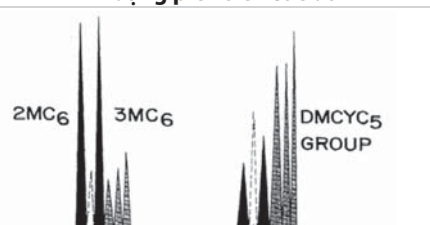
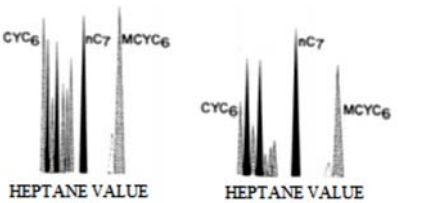
Vì thế, việc xác định chỉ số heptane và iso heptane giúp xác định nhanh mức độ trưởng thành nhiệt của các mẫu chất lưu vỉa trong phòng thí nghiệm. Qua đó cung cấp thêm bằng chứng xác định các tầng sản phẩm khí condensate là sản phẩm tách ra từ vỉa dầu hay được sinh ra từ chính đối sinh condensate.

## 2. Phương pháp của K.F.M.Thompson

### 2.1. Chỉ số heptane và iso heptane

Đây là kết quả đo thành phần của dầu trên máy sắc ký khí thuộc phân đoạn C<sub>6</sub> và C<sub>7</sub>. Bảng 1 trình bày cách xác

Bảng 1. Cách xác định chỉ số heptane và iso heptane trên sắc đồ [1]

	Hình dạng pick trên sắc đồ	Cách tính toán
Iso heptane (I)		$I = (2MC_6 + 3MC_6) / \text{Sum}(DMCYC_5)$ DMCYC5=1,cis-3-,1,trans-3-and1,trans-2-dimethylcyclopentane
Heptane (H)		$H = 100 \times nC7 / (\text{Methylcyclohexane (CH)} + 2\text{-methylhexane} + 3\text{-methylhexane} + \text{methylcyclohexane} + 1,1\text{ dimethylpentane} + 1\text{-trans-2-dimethylcyclopentane} + 1\text{-trans-3dimethylcyclopentane} + 1\text{-cis-3-dimethylcyclopentane})$

định và tính toán giá trị 2 chỉ số heptane và iso heptane dựa trên sắc đồ phân tích trên sắc ký khí của Thompson [1]. Các chỉ số này được tính toán dựa vào các cấu tử nhỏ nằm trong phân đoạn nghiên cứu. Kết quả có thể tìm trong các báo cáo phân tích địa hóa hay trên các sắc đồ trong phân tích PVT và thu được khi chạy thành phần dầu trên máy sắc ký khí với cột mao quản PONA.

**2.2. Mối quan hệ giữa chỉ số heptane và iso heptane với loại kerogen của dầu**

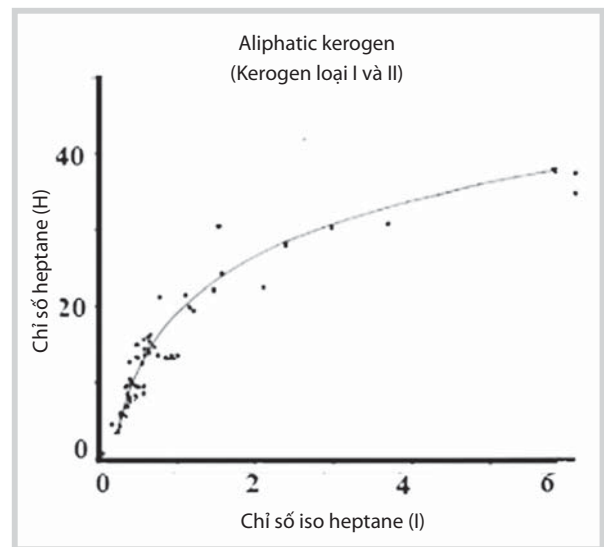
Mối quan hệ giữa chỉ số heptane và iso heptane với loại kerogen được Thompson [2] khảo sát trên nhiều mẫu dầu lấy từ khu vực Bắc Mỹ. Kết quả khảo sát cho thấy dầu thuộc 2 loại aliphatic và aromatic kerogen có khuynh hướng tách thành 2 đường riêng biệt. Theo phân loại của Tissot [3] thì kerogen loại II và I phản ánh bản chất của aliphatic kerogen và kerogen loại III sẽ tương đương với aromatic kerogen. Như vậy, dựa trên kết quả nghiên cứu của Thompson với các chỉ số heptane và iso heptane có thể xác định được loại vật liệu hữu cơ hình thành dầu (Hình 1).

Hình 1a và 1b có sự khác biệt tương đối rõ ràng. Với cùng chỉ số heptane, các loại vật liệu hữu cơ phong phú kerogen loại II và I có chỉ số iso heptane thấp hơn so với loại vật liệu hữu cơ phong phú kerogen loại III. Tuy nhiên, với các chỉ số heptane thấp thì có sự giao thoa của hai đường quan hệ này do hệ quả của quá trình phân hủy sinh học gây ra. Khi dầu bị phân hủy sinh học, các vi khuẩn ăn các thành phần n-paraffin, do vậy chỉ số heptane và iso heptane đều rất thấp. Dầu thuộc loại aliphatic kerogen khi bị phân hủy sinh học sẽ bị biến đổi sang dầu naphthene và sẽ tương tự sản phẩm được tạo ra bởi aromatic kerogen.

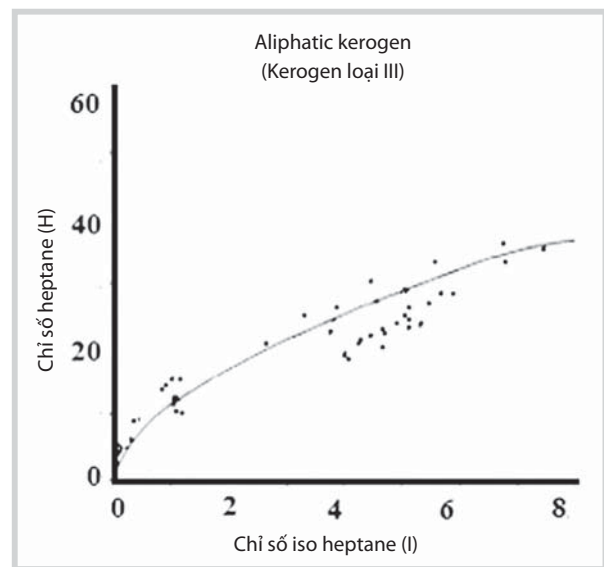
Trong quá trình nghiên cứu, Thompson [2] cũng đưa ra bảng phân loại mức độ trưởng thành của dầu theo các chỉ số heptane và iso heptane. Dựa trên kết quả thống kê mối liên hệ giữa mức độ trưởng thành và kết quả đo giá trị chỉ số heptane và iso heptane của 76 mẫu dầu được lấy từ khu vực phía Đông của Bắc Mỹ, Thompson [2] đã xây dựng bảng phân loại mức độ trưởng thành tương ứng với các khoảng giá trị của chỉ số heptane và iso heptane tương ứng.

**2.3. Mối quan hệ giữa chỉ số heptane và iso heptane đến mức độ trưởng thành nhiệt**

Thompson [2] nghiên cứu khu vực các mỏ dầu tại Mỹ đã chỉ ra rằng chỉ số heptane và iso heptane có liên quan tới giá trị đánh giá trưởng thành nhiệt của vật chất hữu cơ thành tạo dầu khí. Hàm quan hệ giữa chỉ số heptane và chỉ số phản xạ vitrinite (% Ro) đã được xây dựng cho vùng Gulf Coast có dạng sau:

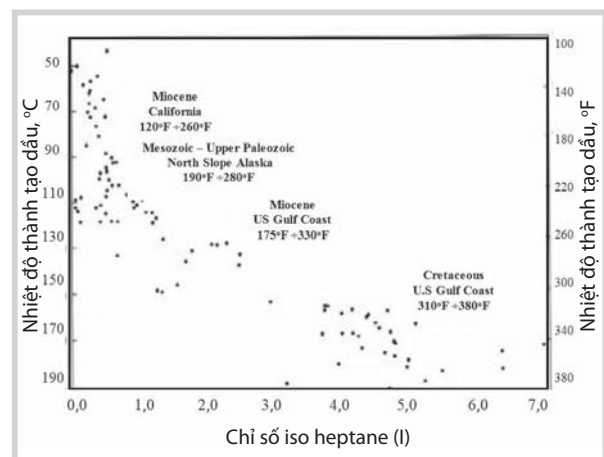


(a)



(b)

**Hình 1.** Mối quan hệ giữa loại kerogen với chỉ số heptane (H) và iso heptane (I) đối với các mẫu dầu thuộc khu vực Bắc Mỹ [2]



**Hình 2.** Mối quan hệ giữa chỉ số iso heptane với nhiệt độ thành tạo của dầu nguồn gốc kerogen loại III tại vịnh Mexico [2]

$$H = 0,15 \times F - 25,67$$

trong đó  $F = 511 - \frac{199,08}{Ro^{0,627}}$

Trong đó:

H: Chỉ số heptane;

F: Nhiệt độ thành tạo của dầu, °F;

Ro: Chỉ số % Ro qua tính toán từ giá trị MPI-1 được đo từ GCMS.

Theo Thompson [2] với mỗi loại kerogen khác nhau và các vùng khác nhau sẽ có các mối quan hệ khác nhau. Hình 2 và 3 cho thấy với chỉ số heptane và iso heptane cao là do dầu được thành tạo trong nhiệt độ trầm tích cao tương ứng với từng loại vật liệu hữu cơ.

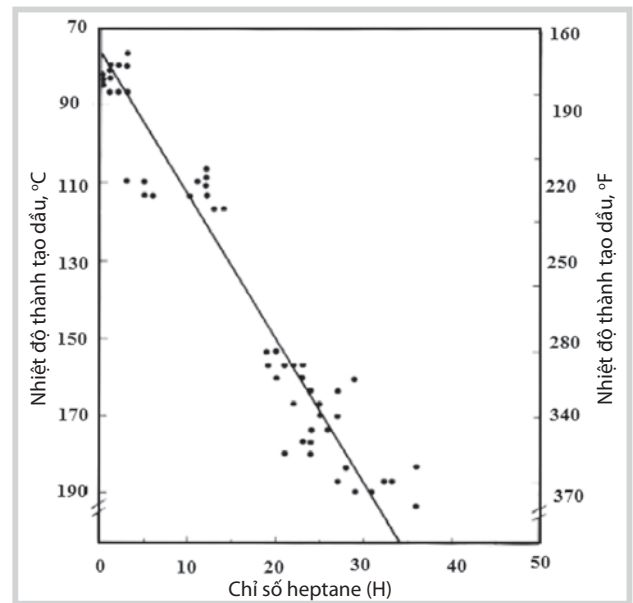
**3. Đánh giá phân loại dầu bể Cửu Long dựa vào chỉ số iso heptane và chỉ số heptane**

Số liệu trong nghiên cứu này được tổng hợp từ các báo cáo phân tích địa hóa và phân tích lại các sắc đồ phân tích thành phần dầu trong mẫu PVT. Số liệu PVT được khảo sát từ gần 200 báo cáo của gần 30 cấu tạo lớn nhỏ. Tuy nhiên, không phải báo cáo nào cũng có kết quả phân tích GCMS (MPI-1) để quy đổi về chỉ số Ro và có phân tích thành phần dầu nhẹ để xác định chỉ số iso heptane và heptane. Vì thế, nhóm tác giả đã đo lại thành phần của rất nhiều mẫu dầu để xác định chính xác hơn chỉ số iso heptane và chỉ số heptane của dầu.

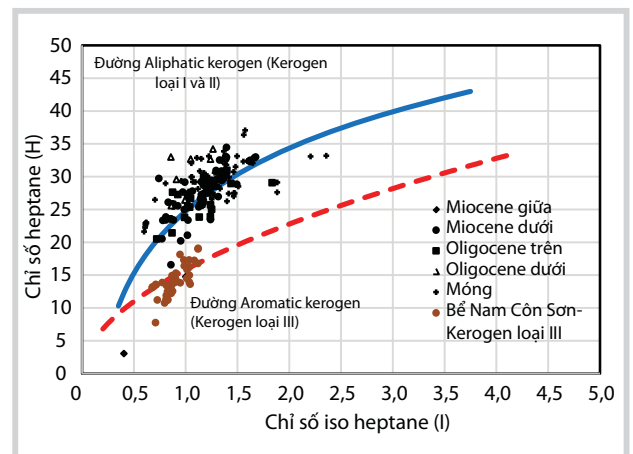
**3.1. Phân loại dầu qua chỉ số iso heptane và chỉ số heptane**

Kết quả đo chỉ số heptane và iso heptane trên Hình 4 cho thấy phần lớn các giá trị đo đều trong dải chỉ thị aliphatic kerogen theo kết quả công bố của Thompson và chứng tỏ dầu ở bể Cửu Long được thành tạo từ kerogen loại II và loại I. Điều này phù hợp với các nhận định của nhiều nghiên cứu trước đây [4, 5, 6, 7] là dầu ở bể Cửu Long được hình thành từ đá mẹ Oligocene do đá mẹ đã đạt ngưỡng trưởng thành. Dầu được sinh ra từ rong tảo là chính, được tái tạo chủ yếu bởi khuẩn trong môi trường đầm hồ và một ít từ cửa sông, vùng nước lợ và biển mở. Theo biểu đồ phân loại kerogen trầm tích Oligocene dựa vào kết quả phân tích TOC và HI của các nghiên cứu trước đây, dầu ở bể Cửu Long phần lớn thuộc loại kerogen loại II và loại I, có rất ít loại III. Dựa trên cơ sở đường quan hệ của Thompson đã công bố, nhóm tác giả đã xây dựng được đường quan hệ giữa chỉ số heptane và chỉ số iso heptane cho kerogen loại II và I ở bể Cửu Long.

Qua đối chiếu với kết quả phân tích mẫu dầu (báo cáo phân tích địa hóa) có nguồn gốc từ kerogen loại III thuộc



Hình 3. Mối quan hệ giữa chỉ số heptane với nhiệt độ thành tạo của dầu nguồn gốc kerogen loại II tại vùng Bắc Mỹ [2]



Hình 4. Mối quan hệ giữa chỉ số iso heptane và heptane trong bể Cửu Long

bể Nam Côn Sơn thấy rõ kết quả đo mẫu này có chỉ số heptane và iso heptane trong vùng chỉ thị aromatic kerogen (kerogen loại III). Kết quả đánh giá trong các nghiên cứu trước đây [4, 5, 6] đã nhận định rằng dầu ở bể Nam Côn Sơn được sinh ra từ đá mẹ Oligocene và Miocene dưới từ nguồn thực vật là chính, thuộc kerogen loại III. Rõ ràng, đối chiếu với các kết quả nghiên cứu trước và kết quả đánh giá qua chỉ số heptane và iso heptane cho thấy kết quả khá tương đồng và có thể áp dụng biểu đồ phân loại này để phân loại kerogen của dầu. Tương tự như đường quan hệ đã xây dựng cho kerogen loại II và I trong bể Cửu Long, đường quan hệ giữa chỉ số heptane và iso heptane của kerogene loại III trong bể Nam Côn Sơn cũng được thiết lập (Hình 4). Tuy nhiên, do số lượng mẫu còn ít và chưa có sự đa dạng về số liệu nên đường quan hệ xây dựng riêng cho kerogen loại III trong bể Nam Côn Sơn xây dựng được chỉ mang tính chất tham khảo.

Kết quả khảo sát kết quả đo chỉ số heptane và iso heptane trên Hình 4 cho thấy đa phần dầu thuộc tầng móng và nằm trên cùng của đồ thị và dầu thuộc Oligocene trên và Miocene dưới nằm gần sát ranh giới phân loại dầu (màu xanh và đỏ) theo phân loại của Thompson [2]. Theo nghiên cứu này, phần nhẹ của dầu được sinh ra từ đá mẹ ở độ sâu sâu hơn và nóng hơn sẽ có mức độ paraffin hóa cao hơn. Điều này đồng nghĩa với giá trị heptane và iso heptane càng cao thì mức độ trưởng thành nhiệt càng cao. Hình 4 cho thấy, dầu móng được hình thành trong điều kiện thành tạo cao hơn so với dầu tầng chứa Miocene dưới và Oligocene trên. Chỉ có một mẫu được phân tích từ dầu nặng từ tầng chứa Miocene giữa cho chỉ số heptane và iso heptane rất thấp. Tuy nhiên, do dầu này là dầu bị phân hủy sinh học nên rất khó có thể xác định chính xác.

**3.2. Đánh giá mức độ trưởng thành dầu qua chỉ số heptane**

Trong nghiên cứu này, giá trị đánh giá mức trưởng thành dầu theo giá trị phản xạ vitrinite % Ro thông qua tính toán từ giá trị MPI-1 được đo từ phân tích sắc ký khối phổ (GCMS) trong đó  $Ro\% = 0,6 \times (MPI-1) + 0,4$  [6]. Kết quả MPI-1 được tính từ phân bố đồng phân phenanthrene cho phép xác định mức độ trưởng thành nhiệt của vật liệu hữu cơ. Kết quả trong nghiên cứu này được tổng hợp từ kết quả đo cho các mẫu dầu, dầu dễ bay hơi và mẫu condensate. Căn cứ vào hàm quan hệ giữa chỉ số heptane với giá trị phản xạ vitrinite % Ro với số liệu đo thực tế cho các mẫu dầu thu thập được, nhóm tác giả xây dựng hàm tương quan thực nghiệm mới cho bể Cửu Long. Từ Hình 5, có thể dự đoán được giá trị tương đối % Ro của dầu khi chưa có kết quả đo GCMS. Ngoài ra, căn cứ vào kết quả đo và

thu thập được từ nhiều cấu tạo khác nhau và các phân vị địa tầng khác nhau, bảng phân loại dầu dựa vào phân đoạn nhẹ của dầu cũng được xây dựng riêng cho bể Cửu Long.

Kết quả trên Hình 5 cho thấy, với giá trị heptane cao sẽ tương đương với môi trường thành tạo dầu có giá trị trưởng thành nhiệt cao. Các mẫu phản ánh dầu ở bể Cửu Long phần lớn được sinh ra trong môi trường nhiệt tương ứng với phản xạ vitrinite là 0,78 - 1,3% Ro đối với tầng móng và Oligocene dưới và khoảng 0,64 - 0,9 đối với tầng Miocene và Oligocene trên. Có một số mẫu có giá trị phản xạ cao trên 1,3 - 1,45 được xác nhận là mẫu condensate. Có một vài mẫu dầu dễ bay hơi nhưng có giá trị % Ro khá cao từ 1,62 - 1,83, do đó có thể nhận định dầu được sinh ra trong điều kiện trưởng thành nhiệt cao và condensate được sinh ra trong đới sinh condensate đã di cư và lẫn vào trong dầu.

Dựa trên số liệu đã khảo sát cho thấy dầu ở bể Cửu Long có cửa sổ tạo dầu trong khoảng từ 0,7 - 1,3% Ro tương ứng với chỉ số heptane dao động trong khoảng từ 22 - 32,5. Phân loại này cũng dựa vào đặc tính dầu thực tế được phân tích tại phòng thí nghiệm PVT. Ngưỡng chỉ số heptane vào khoảng 32,5 dầu này chính là dầu dễ bay hơi (Volatile oil). Với giá trị heptane cao hơn 32,5 xác định dầu được hình thành trong đới trưởng thành cao. Giá trị của chỉ số heptane trong khoảng 16 - 22 tương ứng với giá trị trưởng thành nhiệt % Ro từ 0,5 - 0,7 sẽ tương ứng với khoảng trưởng thành thấp.

Căn cứ vào mối quan hệ giữa chỉ số heptane và chỉ số iso heptane và khoảng phân đoạn theo mức độ trưởng thành của dầu Hình 4, khoảng tương ứng của chỉ số iso heptane cũng được xác định và kết quả khảo sát các mẫu được phân tích cho bể Cửu Long (Bảng 2).

Bảng 2 cho thấy dầu ở bể Cửu Long được hình thành chủ yếu trong đới trưởng thành và phần còn lại trong đới trưởng thành cao. Chỉ có một vài mẫu thuộc tầng chứa Miocene dưới phản ánh dầu có độ trưởng thành nhiệt thấp.

Dựa trên mối quan hệ này, hàm tương quan thực nghiệm giữa giá trị trưởng thành nhiệt (% Ro) và giá trị chỉ số heptane cho bể Cửu Long được xây dựng có dạng như sau:

$$F = 495,3 - \frac{196,5}{Ro^{0,4483}}$$

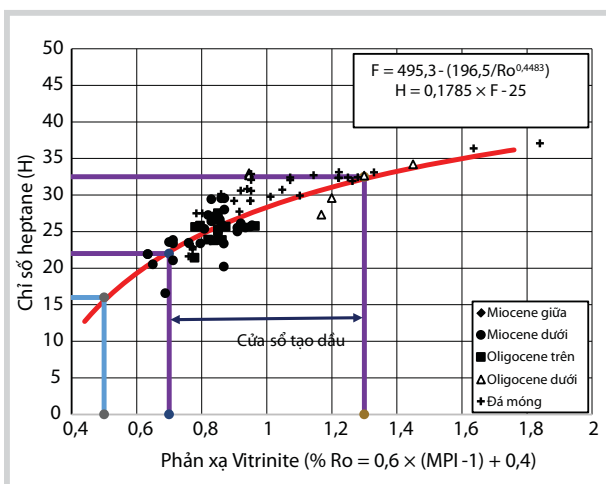
và  $H = 0,1785 \times F - 25$  với  $R^2 = 0,69$

Trong đó:

H: Chỉ số heptane (H);

F: Nhiệt độ thành tạo của dầu, °F;

Ro: Chỉ số % Ro qua tính toán từ giá trị MPI-1 được đo từ GCMS.



Hình 5. Mối quan hệ giữa chỉ số heptane và phản xạ vitrinite (% Ro)



**Bảng 2.** Phân loại dầu dựa vào phân đoạn nhẹ ở bể Cửu Long

Mức độ trưởng thành	Giá trị giới hạn	
	Chỉ số heptane	Chỉ số iso heptane
Trưởng thành thấp (Normal maturity/Low maturity oil)	16 - 22	0,6 - 0,85
Trưởng thành (Mature oil)	22 - 32,5	0,85 - 1,60
Trưởng thành cao (Super-mature)	32,5 - 60	1,6 - 4,0
Phân hủy sinh học (Biodegradation)	0 - 16	0 - 0,6

Hàm tương quan thực nghiệm này có giá trị hồi quy không cao do phân đoạn nhẹ rất dễ mất nếu không bảo quản mẫu tốt. Mẫu càng để lâu phần nhẹ bị mất càng nhiều. Riêng đối với chỉ số % Ro được tính qua kết quả đo MPI-1 từ GCMS thì được đo trên phần dầu thuộc phân đoạn nặng nên cho kết quả chính xác hơn. Tuy nhiên, với mục tiêu xác định nhanh và sơ bộ loại vật liệu hữu cơ ban đầu cũng như mức độ trưởng thành nhiệt thì hàm tương quan thực nghiệm này có thể sử dụng được.

### 3. Kết luận

Có thể dựa vào chỉ số heptane và iso heptane để xác định loại vật liệu hữu cơ ban đầu của dầu và đánh giá mức độ trưởng thành của dầu khi không có kết quả đánh giá địa hóa khác.

Căn cứ vào phương pháp phân loại dầu của Thompson [1, 2], kết quả phân loại qua chỉ số heptane và iso heptane cho thấy dầu ở bể Cửu Long được sinh từ kerogen loại II và I đang nằm trong giai đoạn cửa sổ tạo dầu và trưởng thành cao.

Với hệ số hồi quy không cao nhưng có thể dựa vào chỉ số heptane để dự đoán chỉ số phản xạ vitrinite qua phương trình hồi quy thực nghiệm cho dầu ở bể Cửu Long để đánh giá nhanh chỉ số trưởng thành nhiệt của dầu.

Nghiên cứu này mở ra hướng mới về nghiên cứu thành phần nhẹ trong xác định loại vật liệu hữu cơ ban đầu và mức độ trưởng thành nhiệt của dầu trong quá trình thành tạo.

### Tài liệu tham khảo

1. K.F.M.Thompson. *Light hydrocarbons in subsurface sediments*. Geochimica et Cosmochimica Acta. 1979; 43(5): p. 657 - 672.
2. K.F.M.Thompson. *Classification and thermal history of petroleum based on light hydrocarbon*. Geochimica et Cosmochimica Acta. 1983; 47(2): p. 303 - 316.
3. B.Tissot, B.Durand, J.Espitalies, A.Combaz. *Influence of nature and diagenesis of organic matter in formation of petroleum*. AAPG Bulletin. 1974; 58(3): p. 449 - 506.
4. Nguyễn Hiệp và nnk. *Địa chất và Tài nguyên Dầu khí Việt Nam*. 2007.
5. Nguyễn Trọng Tín và nnk. *Đánh giá tiềm năng dầu khí bể Cửu Long*. Dự án “Đánh giá tiềm năng dầu khí trên vùng biển và thềm lục địa Việt Nam”. Viện Dầu khí Việt Nam. 2014.
6. Hoàng Đình Tiến, Hoàng Thị Xuân Hương. *Nguồn gốc và điều kiện sinh thành dầu, condensate, khí ở bể Cửu Long và Nam Côn Sơn*. Tạp chí Dầu khí. 2013; 1: trang 26 - 32.
7. Phạm Thị Toán, Võ Thị Hải Quan, Phan Văn Thắng. *Một số kết quả nghiên cứu đá sinh và dầu thô ở bể Cửu Long*. Tuyển tập Báo cáo Hội nghị Khoa học - Công nghệ “Viện Dầu khí: 25 năm xây dựng và trưởng thành”. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. 2003: trang 183 - 193.
8. Hoàng Đình Tiến. *Địa chất dầu khí và phương pháp tìm kiếm, thăm dò, theo dõi mỏ*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh. 2012.

## Determination of organic matter and thermal maturity of Cuu Long basin’s oil based on heptane and isoheptane values

Nguyen Manh Hung<sup>1,2</sup>, Hoang Dinh Tien<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vietnam Petroleum Institute

<sup>2</sup>HCMC University of Technology

### Summary

**Light oil fraction indicates the catagenetic grade of sediment and kerogen type. Heptane value (H) and isoheptane value (I) are ratios of normal paraffin to naphthene and branched paraffin to naphthene. This paper presents the method to determine the two values and its application for organic matter determination. The empirical correlation derived between vitrinite values (Ro) and heptane value (H) indicates that Cuulong basin’s oil is aliphatic kerogens (Kerogen type II and I) in mature and super mature conditions.**

**Key words:** Heptane, isoheptane, maturity, kerogen.