

TRIỂN VỌNG ÁP DỤNG POLYMER BIẾN TÍNH BỨC XẠ TRONG BƠM ÉP NÂNG CAO THU HỒI DẦU CHO TẦNG MIOCENE MỎ BẠCH HỔ

ThS. Lê Hải¹, KS. Nguyễn Thị Bích Hà², ThS. Hà Thu Hương²
CN. Nguyễn Trọng Hoàn Phong¹, CN. Lê Xuân Cường¹, CN. Lê Văn Toàn¹
KS. Lê Đình Lăng³, KS. Nguyễn Minh Toàn³, TS. Phạm Anh Tuấn³

¹Viện Nghiên cứu Hạt nhân

²Viện Dầu khí Việt Nam

³Liên doanh Việt - Nga "Vietsovpetro"

Email: lehaicnbx@yahoo.com

Tóm tắt

Polymer ứng dụng trong công tác nâng cao thu hồi dầu được điều chế bằng kỹ thuật biến tính bức xạ. Loại polymer này được tổng hợp bằng phương pháp copolymer hóa từ các monomer tan trong nước gồm acrylamide/hoặc sodium acrylate và N-vinyl pyrrolidone và bức xạ gamma được sử dụng như một nguồn tạo các chất khơi mào cho quá trình phản ứng. Mức độ polymer hóa và khối lượng phân tử của polymer sản phẩm phụ thuộc vào liều xạ, suất liều, nồng độ hỗn hợp monomer và loại monomer. Khi sử dụng acrylamide, hiệu suất sản phẩm đạt được gần 100%, cao hơn so với trường hợp sử dụng sodium acrylate (~71%). Sản phẩm polymer nhận được không chỉ tan tốt trong nước thường mà trong cả nước biển. Trong môi trường độ mặn cao, ở nhiệt độ cao (>120°C), polymer không bị tủa lắng, độ nhớt của dung dịch polymer giảm nhẹ 20% sau 30 ngày nung liên tục ở 120°C. Các tính năng của polymer được nghiên cứu gồm độ bền nhiệt, tính lưu biến và hiệu suất thu hồi dầu. Hiệu suất gia tăng thu hồi của dung dịch của polymer nghiên cứu được đánh giá bằng thiết bị thử nghiệm mô hình ở điều kiện giếng bị ngập. Kết quả cho thấy hiệu suất thu hồi dầu tăng 12,1%, đáp ứng điều kiện vỉa tầng Miocene dưới mỏ Bạch Hổ. Trên cơ sở các kết quả thử nghiệm mô hình và tính toán mô phỏng, nhóm tác giả tính toán hiệu quả kinh tế của việc áp dụng công nghệ bơm ép dung dịch biến tính bức xạ.

Từ khóa: Hệ số thu hồi dầu, copolymer hóa bức xạ, liều xạ, suất liều, acrylic acid, acrylamide, N-vinyl pyrrolidone.

1. Mở đầu

Bơm ép dung dịch polymer kết hợp với bơm ép nước để gia tăng hệ số thu hồi dầu và hệ số quét được đánh giá là một trong những giải pháp mang lại hiệu quả kinh tế cao. Nghiên cứu và ứng dụng polymer tan trong nước trong thăm dò và khai thác được thực hiện từ những năm 60 của thế kỷ XX [1 - 3]. Một số công trình nghiên cứu [1 - 5] đã thành công ứng dụng dung dịch polymer trong tầng cường thu hồi dầu trên mô hình đạt hiệu suất cao hơn 30% so với bơm nước thường. Kết quả nghiên cứu của David et al. [1] cho thấy sử dụng dung dịch polymer giúp cải thiện đáng kể tỷ lệ dầu/nước so với bơm ép nước.

Kết quả nghiên cứu [6 - 11] cho thấy sự hiện diện của polymer đã giảm độ linh động của nước, gia tăng độ nhớt và giảm tính thấm. Polymer tan trong nước thường chứa nhóm chức ưa nước (như -COOH; -OH; -NH₂; -SO₃H...) có hoạt tính hóa học cao, dễ dàng phản ứng với các ion kim loại kiềm, kiềm thổ có trong nước biển tạo tủa lắng làm suy giảm tính lưu biến đặc biệt ở điều kiện nhiệt độ - áp suất - độ mặn cao. Polymer tan trong nước dễ bị phân hủy do tác động của vi sinh vật, bị tủa lắng làm giảm độ nhớt

do tác dụng của muối khoáng, đặc biệt ở điều kiện nhiệt độ cao [12]. Trong những năm 60 của thế kỷ XX, các nhà khoa học đã nghiên cứu ứng dụng thành công dung dịch polymer trong tầng cường thu hồi dầu; nhiều sản phẩm polymer đã được thương mại hóa, tuy nhiên chỉ thích hợp với thân dầu nhiệt thấp ≤ 90°, chưa đáp ứng với điều kiện nhiệt độ cao trong nước biển [12 - 13].

Bức xạ năng lượng cao được sử dụng như một hệ xúc tác có khả năng khơi mào, thực hiện nhiều loại phản ứng hóa học đặc biệt là các phản ứng polymer hóa, copolymer hóa. Công nghệ mới này đã tạo ra nhiều sản phẩm polymer có tính năng đặc biệt mà bằng phương pháp hóa học thông thường không thể thực hiện được. Công nghệ tổng hợp vật liệu polymer bằng kỹ thuật chiếu xạ đã triển khai mạnh ở nhiều quốc gia trên thế giới, trong đó chủ yếu là polymer khâu mạch (crosslinked polymers), các hydrogel, vật liệu copolymer ghép/vật liệu nhóm chức (functional group materials)...

Nghiên cứu ứng dụng bức xạ gamma tạo vật liệu polymer mới được thực hiện tại Viện Nghiên cứu Hạt nhân từ năm 1982 bằng thiết bị chiếu xạ đầu tiên do Tổ chức Năng lượng Nguyên tử Quốc tế (International Atomic

Energy Agency - IAEA) tài trợ. Chương trình nghiên cứu chế tạo sản phẩm polymer bức xạ, đánh giá khả năng ứng dụng trong lĩnh vực tăng cường thu hồi dầu do Viện Nghiên cứu Hạt nhân và Vietsovpetro phối hợp thực hiện trong giai đoạn 1999 - 2007. Kết quả thử nghiệm cho thấy sản phẩm polymer nghiên cứu đáp ứng được yêu cầu triển khai ứng dụng (Hợp đồng số 0716/05/T-N5/VSP5-VHNDALAT và số 0930/07/T-N5/VSP5-VHNDALAT).

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu khả năng ứng dụng công nghệ bơm polymer bức xạ cho tầng Miocene mở Bạch Hổ và đánh giá hiệu quả kinh tế kỹ thuật của phương án được lựa chọn.

2. Thực nghiệm

2.1. Tổng hợp polymer bằng kỹ thuật chiếu xạ gamma.

2.1.1. Vật liệu - hóa chất

Vật liệu sử dụng gồm: acrylamide, acrylic acid, polyacrylamide, methyl pyrrolidone, polyvinyl pyrrolidone là các monomer/polymer tan trong nước của BASF (Đức). Các hóa chất, dung môi khác của Hàn Quốc.

2.1.2. Tổng hợp polymer bằng phương pháp chiếu xạ gamma

- Hòa tan acrylamide trong nước theo nồng độ xác định (20%), khuấy 30 phút, thêm từ từ dung dịch N-vinyl pyrrolidone nồng độ đã biết để được dung dịch hỗn hợp monomer theo tỷ lệ acrylamide/N-vinyl pyrrolidone khác nhau (50 : 20, 50 : 30, 50 : 50). Khuấy dung dịch 45 phút và nạp khí trơ loại oxy, ổn định 30 phút, đóng gói trong bình chiếu đặc biệt. Dung dịch phối sau khi chuẩn bị được lưu giữ theo thời gian khác nhau trước khi chiếu xạ thực hiện phản ứng.

- Trong trường hợp acrylic acid được acrylate hóa bằng dung dịch NaOH/hoặc KOH 40%. Các công đoạn tiếp theo tiến hành như trường hợp acrylamide.

- Dung dịch phối được chiếu xạ để thực hiện phản ứng trên thiết bị gamma Co-60 (GC 5000 của Ấn Độ và Iссledavatel của Liên bang Nga).

2.2. Xử lý sản phẩm tạo thành sau khi chiếu xạ

Dung dịch phối sau khi chiếu xạ tạo polymer ở dạng cặn cao su, kết tủa xử lý loại phần không phản ứng. Sản phẩm sấy khô chân không ở nhiệt độ 60°C trong 24 giờ để xác định hiệu suất và sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo.

2.3. Xác định độ nhớt của polymer

Sản phẩm polymer hòa tan trong nước cất và nước biển theo các nồng độ xác định (0,2; 0,25; 0,3%), đo trên

nhớt kế Ubbelohde ở nhiệt độ 20°C và các nhiệt độ khác nhau trên máy ổn nhiệt.

2.4. Đánh giá độ bền nhiệt theo thời gian trong nước biển

Cho 2,5g polymer khô đã điều chế vào cốc 2.000ml, thêm 500ml nước biển, khuấy trong 45 phút với tốc độ 400rpm, sử dụng nước biển để định lượng dung dịch 0,25% (~ 2.500ppm). Rót 50ml dung dịch polymer vào ống thủy tinh chịu nhiệt đặc biệt, đậy kín bằng nút teflon. Các tube dung dịch polymer được ngâm trong thiết bị điều nhiệt Phoenix II ở nhiệt độ 120°C được điều hòa bằng dầu silicon. Các mẫu đo được rút từng cặp theo thời gian định sẵn sau đó ổn định đến nhiệt độ phòng. Độ nhớt của dung dịch polymer sau khi nung được đo bằng nhớt kế Ubbelohde, ở nhiệt độ 20°C. Các thí nghiệm thực hiện theo cùng một phương pháp tại 3 cơ sở: Viện Nghiên cứu Hạt nhân, Viện Nghiên cứu Khoa học và Thiết kế Dầu khí biển (NIPI) - Vietsovpetro và Viện Dầu khí Việt Nam.

2.5. Đánh giá hiệu quả gia tăng thu hồi dầu

Thử nghiệm đánh giá hiệu quả gia tăng thu hồi dầu của dung dịch polymer trên mô hình mẫu lõi được thực hiện tại Viện Nghiên cứu Khoa học và Thiết kế Dầu khí biển - Vietsovpetro và Viện Dầu khí Việt Nam theo các bước sau:

- Chuẩn bị các chất lưu thí nghiệm: Dầu vỉa mô phỏng (80% dầu thô giếng BH.27(MSP1) + 20% dầu hỏa): độ nhớt của hỗn hợp là 1.586cP, ở 120°C. Nước biển: độ nhớt ở 120°C là 0,238cP. Dung dịch polymer điều chế 2.500ppm: độ nhớt ở 120°C là 1,12cP.

Thiết bị sử dụng trong thí nghiệm: cân phân tích, các ống đong, máy bơm chân không, máy khuấy, tủ sấy, máy ổn nhiệt, thiết bị đo độ nhớt trong điều kiện vỉa, thiết bị đo độ thấm khí, thiết bị nghiên cứu mẫu lõi trong điều kiện vỉa, thiết bị Dean-Stark.

Điều kiện thí nghiệm: Bơm ép polymer vào mô hình vỉa sau khi mô hình vỉa ngập nước hoàn toàn, tốc độ bơm ép 2m/ng, thể tích của nút polymer được bơm vào mô hình vỉa là 0,20 thể tích rỗng, nhiệt độ 120°C, áp suất via $P_{via} = 100atm$, áp suất nén hiệu dụng $P_{hd} = 100atm$.

Mô hình vỉa phân lớp (bất đồng nhất về độ thấm) được xây dựng từ mẫu lõi đá tầng Miocene dưới mỏ Bạch Hổ với hai nửa của mô hình vỉa có độ thấm khác nhau.

Lắp mẫu vào bộ giữ mẫu, ở nhiệt độ 120°C, áp suất nén hiệu dụng $P_{hd} = 100atm$, áp suất vỉa $P_{via} = 100atm$: bơm bão hòa dầu cho mẫu (5 thể tích rỗng của mẫu - V_v) và xác định độ thấm dầu K_v ; đẩy dầu bởi nước ở lưu lượng

1 - 2m/ng, thể tích bơm 6 - 15 V_i; xác định hệ số thu hồi dầu bởi bơm ép nước η₁; xác định độ thấm nước K1. Tiếp tục bơm đẩy dầu bằng dung dịch polymer ở lưu lượng 1 - 2m/ng, thể tích bơm 0,20V_i; sau đó bơm đẩy nước ở tốc độ 1 - 2m/ng, đến khi chỉ còn 1 pha nước ở đầu ra, thể tích bơm 3 - 5V_i. Xác định hệ số thu hồi dầu bởi bơm ép polymer η₁; xác định độ thấm nước K2. Giảm áp, giảm nhiệt của hệ nghiên cứu, tháo mẫu và xác định độ bão hòa dầu dư theo Dean-Stark. Tính toán, lập các đồ thị liên quan các kết quả thí nghiệm thu nhận được:

$$\Delta\eta = \eta_2 - \eta_1$$

$$K_{ph} = K2/K1$$

Với $\eta_1 = (1 - S_{nd} - S1_{dd}) / (1 - S_{nd})$ và $\eta_2 = (1 - S_{nd} - S2_{dd}) / (1 - S_{nd})$

Trong đó:

S_{nd}: Độ bão hòa nước dư, p.đ.v;

S1_{dd}: Độ bão hòa dầu dư sau khi đẩy dầu bởi nước, p.đ.v;

S2_{dd}: Độ bão hòa dầu dư sau khi đẩy dầu bởi polymer, p.đ.v;

η₁, η₂: Hệ số thu hồi dầu trước và sau khi bơm đẩy polymer, p.đ.v;

K1, K2: Độ thấm nước trước và sau khi bơm đẩy polymer, md;

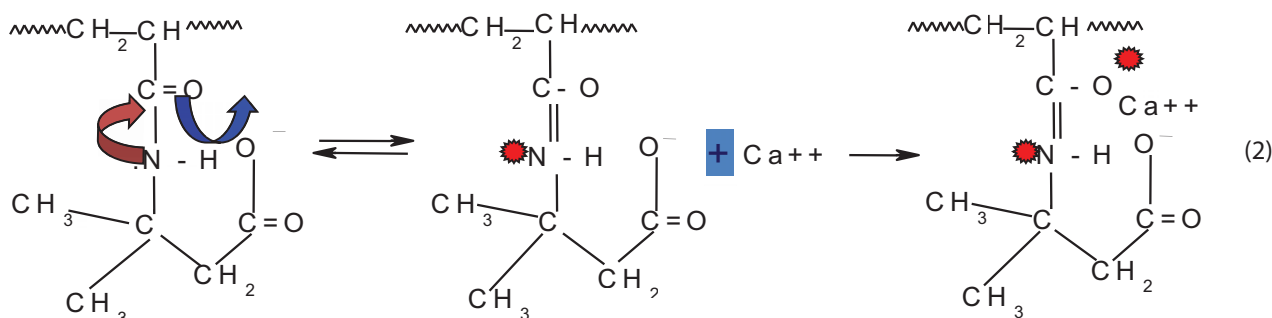
K_{ph}: Hệ số phục hồi độ thấm, p.đ.v;

Δη: Gia tăng hệ số thu hồi dầu do bơm đẩy polymer, p.đ.v.

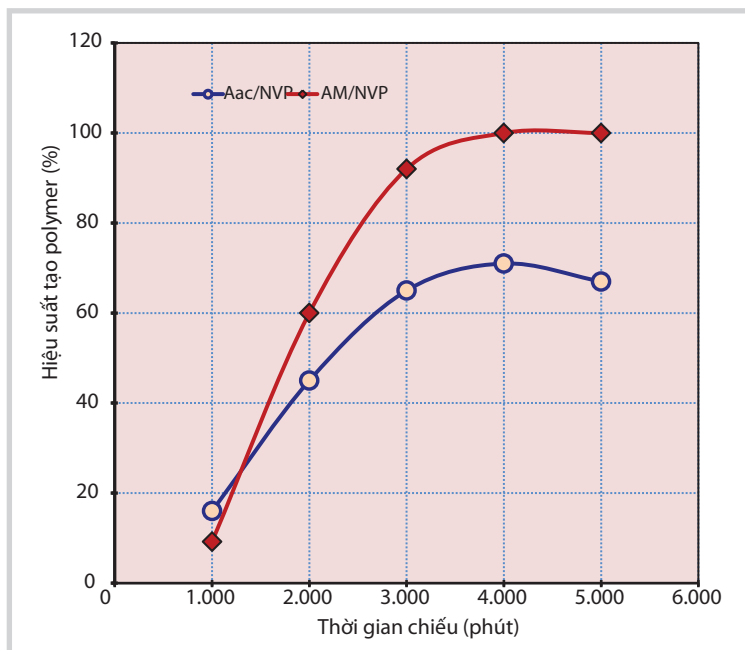
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Điều chế polymer bằng kỹ thuật chiếu xạ

Hình 1 trình bày ảnh hưởng của acrylamide và acrylic acid lên hiệu suất hình thành sản phẩm polymer.



Hình 1 cho thấy hiệu suất polymer hình thành tăng theo thời gian chiếu xạ: tăng nhanh trong khoảng thời gian chiếu từ 1.000 - 3.000 phút, sau đó chậm dần và gần như đạt giá trị bão hòa sau 4.000 phút chiếu xạ (tương ứng với liều xạ ~160Gy). Tại thời điểm đạt giá trị bão hòa, hiệu suất tạo polymer đạt 100% đối với acrylamide và 71% đối với acrylic. Các đường cong trên Hình 1 đã thể hiện được tính chất động học phản ứng polymer hóa xảy ra dưới tác dụng của bức xạ gamma lên hai hệ monomer acrylamide và acrylic.



Hình 1. Hiệu suất sản phẩm polymer theo liều xạ ứng với loại monomer khác nhau

Polyacrylic hoặc polyacrylamide thuộc loại tan trong nước có tính nhớt cao, trong nước biển dễ bị thủy phân và kết tủa với các ion Ca²⁺ và Mg²⁺ độ nhớt bị suy giảm và mất tính nhớt hoàn toàn ở nhiệt độ cao. Stahl [12] đã giải thích cơ chế kết tủa của polyacrylamide/polyacrylic trong môi trường nước biển ở nhiệt độ cao xảy ra theo phản ứng (1).

Khi acrylic/hoặc acrylamide được trùng hợp với vinyl pyrrolidone sẽ tạo ra polymer mới chứa hai hợp phần tan trong nước và hạn chế khả năng tủa lắng trong nước biển. Cơ chế tác động của ion Ca^{2+} trong nước biển theo phản ứng (2):

Sự phụ thuộc độ nhớt vào nhiệt độ và môi trường được trình bày trên Hình 2. Các kết quả trên Hình 2(a) cho thấy độ nhớt của dung dịch polymer trong các trường hợp không có sự khác biệt nhiều theo thời gian lưu giữ của dung dịch phơi trước khi chiếu xạ.

Hình 2(b) cho thấy môi trường có ảnh hưởng lớn đến độ nhớt của dung dịch polymer. Trong môi trường muối độ nhớt giảm > 30 lần.

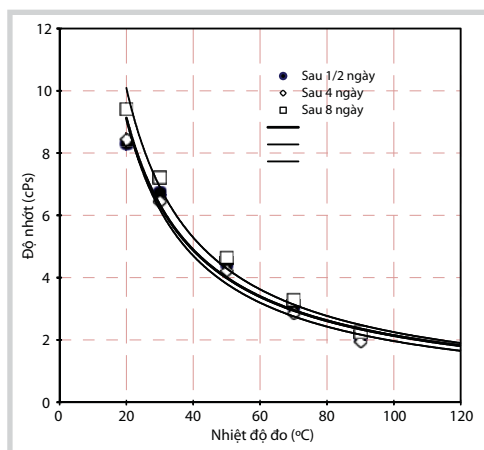
Như vậy, dung dịch phơi hàm lượng 30 - 40% có thể lưu giữ từ 7 - 10 ngày trước khi chiếu xạ không bị hư hỏng, điều này thuận lợi cho việc triển khai sản xuất quy mô công nghiệp.

Ảnh hưởng của suất liều chiếu bức xạ lên độ nhớt dung dịch polymer được thể hiện trên Hình 3.

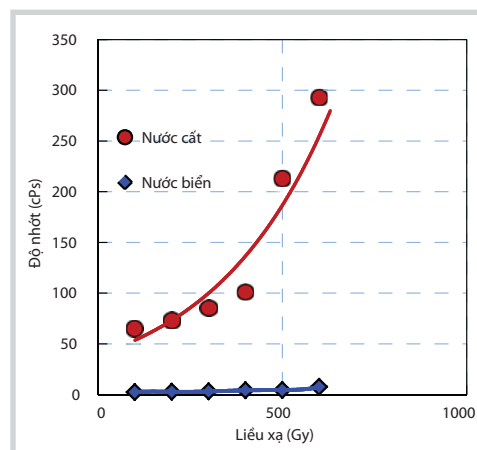
Kết quả cho thấy độ nhớt giảm theo suất liều chiếu bức xạ, nghĩa là trọng lượng phân tử của polymer hình thành giảm khi tăng suất liều chiếu bức xạ. Theo phương trình Mark-Houwink $[\eta] = k.M^a$ (với η là độ nhớt và M là trọng lượng phân tử polymer). Như vậy, để nhận dung dịch polymer có độ nhớt cao cần thực hiện phản ứng ở suất liều chiếu bức xạ thấp.

Hình 4 trình bày ảnh hưởng của hàm lượng N-vinyl pyrrolidone lên độ nhớt của dung dịch polymer theo nhiệt độ đo.

Kết quả cho thấy độ nhớt của dung dịch polymer tăng theo mức độ tăng của hàm lượng N-vinyl pyrrolidone. Trong dải nồng độ khảo sát của N-vinyl pyrrolidone, tỷ lệ nồng độ N-vinyl pyrrolidone 50/50 so với Na-Aa độ nhớt của dung dịch đạt giá trị cao nhất với mọi nhiệt độ.

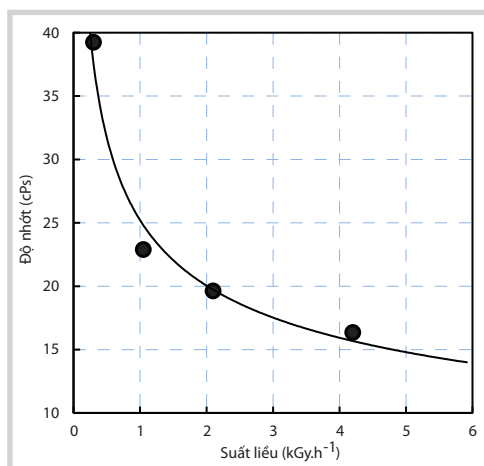


(a)

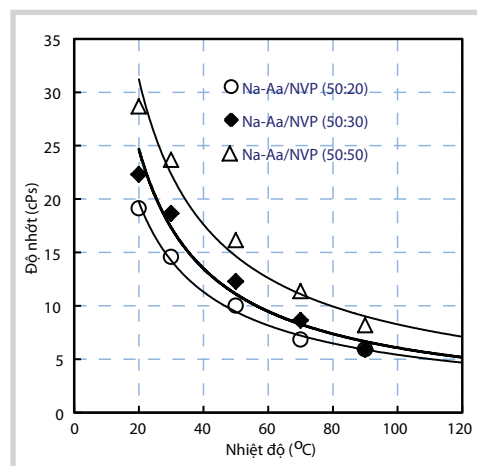


(b)

Hình 2. Sự phụ thuộc độ nhớt của dung dịch polymer (nồng độ 2.500ppm, dung dịch phơi 30%) (a) theo nhiệt độ với dung dịch phơi lưu giữ theo thời gian khác nhau trước khi chiếu xạ; (b) theo môi trường với liều xạ khác nhau



Hình 3. Ảnh hưởng độ nhớt theo suất liều chiếu bức xạ. Nồng độ 2.500ppm trong nước cất, dung dịch phơi 30% chiếu xạ 1kGy



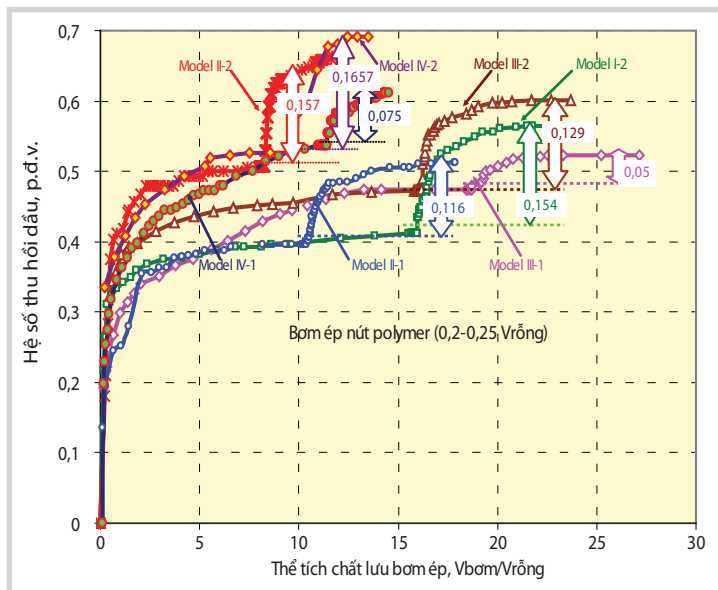
Hình 4. Độ nhớt dung dịch polymer theo nhiệt độ đo. Dung dịch có nồng độ 2.000ppm trong nước cất, thành phần monomer tỷ lệ khác nhau, liều xạ 4kGy, suất liều 2,1kGy.h⁻¹

Biến thiên độ nhớt của dung dịch polymer trong nước biển theo thời gian nung ở nhiệt độ 120°C được trình bày trong Bảng 1. Trong thời gian 5 - 10 ngày, độ nhớt tăng do xảy ra phản ứng phức hóa của ion Ca^{2+} có mặt trong nước biển với nhóm chức amide ($-NH_2$) chứa trong cấu trúc polymer, tạo thành một hợp chất phức tan không kết tủa. Khi nung ở nhiệt độ 120°C, độ nhớt của dung dịch polymer tăng trong giai đoạn đầu và giảm dần trong giai đoạn sau. Các kết quả nhận được không có sự khác biệt nhiều giữa 3 cơ sở đo đạc (sự khác biệt từ 3 - 5%).

Viện Nghiên cứu Khoa học và Thiết kế Dầu khí biển - Vietsovpetro và Viện Dầu khí Việt Nam đã đánh giá hiệu suất tăng cường thu hồi dầu (Hình 5).

Bảng 1. Biến thiên độ nhớt dung dịch polymer theo thời gian nung tại 120°C trong nước biển

Thời gian nung (ngày)	Độ nhớt dung dịch polymer nghiên cứu (cPs)			
	Polivinylnyl pyrrolidone không chiếu xạ	Viện Nghiên cứu Hạt nhân	Viện Dầu khí Việt Nam	Viện Nghiên cứu Khoa học và Thiết kế Dầu khí biển
0	1,81	5,78	5,8	5,78
5	0,68	7,30	7,00	6,84
10	0,68	6,52	6,90	6,52
20	0,60	5,25	5,32	5,05
30	0,58	4,70	4,90	4,77



Hình 5. Động thái thu hồi dầu do bơm ép nước và nút polymer bức xạ trên mô hình vỉa phân lớp tầng Miocene dưới mỏ Bạch Hổ

Bảng 2. Hiệu quả kinh tế của giải pháp nâng cao thu hồi dầu bằng bơm ép polymer bức xạ (A-806)

TT	Chỉ số	Đơn vị tính	Phương án bơm
1	Thời gian bơm	tháng	1
2	Giá tăng khai thác	tấn	4.294
3	Lượng polymer cho bơm ép	tấn	40
4	Tổng chi phí của Vietsovpetro	USD	940.604,40
4.1	Chi phí thực hiện công việc	USD	886.500,00
	- Chi phí tạo polymer	USD	840.000,00
	- Chi phí năng lượng	USD	12.400,00
	- Chi phí nhân công	USD	13.500,00
	- Dịch vụ thương mại	USD	20.600,00
4.2	Chi phí khai thác thêm dầu	USD	54.104,40
5	Giá bán dầu thô	USD/tấn	700,00
6	Doanh thu (giá dầu 100USD/thùng)	USD	3.005.800,00
7	Lợi nhuận trước thuế	USD	2.065.195,60
8	Thuế tài nguyên "Royalty" (18% doanh thu)	USD	541.044,00
9	Thuế xuất khẩu, 10% (6 - 7)	USD	300.580,00
10	Thuế đặc biệt = (100% - 18%) x 10%	USD	246.475,60
11	Lợi nhuận trước thuế thu nhập doanh nghiệp	USD	977.096,00
12	Thuế thu nhập doanh nghiệp, 50%	USD	488.548,00
13	Lợi nhuận sau thuế thu nhập doanh nghiệp	USD	488.548,00

Các nghiên cứu nâng cao hệ số thu hồi dầu thực hiện trên mô hình mẫu lõi trong phòng thí nghiệm cho kết quả tốt. Độ gia tăng hệ số thu hồi dầu đạt từ 4,8 - 16,6%, trung bình đạt 12,1%. Tuy nhiên, đây là kết quả nghiên cứu thực nghiệm trên các mẫu có kích thước nhỏ, có thể không hoàn toàn phản ánh tất cả những tác động khác trong điều kiện thực tế của vỉa dầu với kích thước lớn và phân bố đá chứa rất phức tạp, vị trí tương đối giữa giếng bơm ép và giếng khai thác không đồng đều trong không gian và thời gian. Do đó, các nghiên cứu trên mô hình máy tính tiếp tục được thực hiện để kiểm tra tác dụng của phương pháp bơm ép dung dịch polymer bức xạ lên khả năng tăng hệ số thu hồi dầu.

Tầng Miocene dưới mỏ Bạch Hổ là đối tượng khá phức tạp, có độ bất đồng nhất cao về tính chất địa chất mỏ, tính chất vật lý, thấm chứa của đá chứa. Vì vậy, việc phục hồi lịch sử khai thác trên mô hình của đối tượng này rất khó khăn, tuy nhiên tập thể tác giả soạn thảo "Thiết kế công nghệ khai thác và xây dựng mỏ Bạch Hổ" năm 2008 đã thực hiện được khá tốt. Trên cơ sở các kết quả thực nghiệm kết hợp tính toán, nhóm tác giả đã tính toán hiệu quả kinh tế áp dụng giải pháp nâng cao thu hồi dầu bằng bơm ép polymer bức xạ (Bảng 2).

4. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu thu được, nhóm tác giả rút ra các kết luận sau:

- Polymer biến tính bức xạ được tổng hợp bằng phương pháp chiếu xạ có các tính chất lưu biến phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật của Vietsovpetro đối với polymer dùng cho bơm ép tăng cường thu hồi dầu:
 - + Tỷ số độ nhớt của polymer và nước (nồng độ 2.500ppm) ở 120°C lớn hơn 5 lần;
 - + Hệ số bảo toàn độ nhớt của polymer khi nung ở 120°C trong 31 ngày là 82%.
- Kết quả thí nghiệm đẩy dầu bằng nút dung dịch polymer biến tính bức xạ trên mô hình vỉa phân lớp của tầng Miocene dưới mỏ Bạch Hổ cho thấy giá trị tăng trung bình của hệ số thu hồi dầu là 12,1% (4,8 - 16,6%). Hệ số phục hồi độ thấm trung bình là 19% (2,7 - 32,3%).
- Tính toán hiệu quả kinh tế - kỹ thuật áp dụng công nghệ bơm ép nút dung dịch polymer trong 1 tháng cho thấy phương án này đã mang lại hiệu quả kinh tế.

- Việc sản xuất và cung cấp sản phẩm polymer bằng kỹ thuật chiếu xạ của Viện Nghiên cứu Hạt nhân ở cấp độ công nghiệp là hoàn toàn khả thi.

Tài liệu tham khảo

1. David J.Pye. *Improved secondary recovery by control of water mobility*. Journal of Petroleum Technology. 1964; 16(8): p. 911 - 916.
2. R.H.Christopher, Stanley Middleman. *Power-law flow through a packed tube*. Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals. 1965; 4(4): p. 422 - 426.
3. D.L.Dauben, D.E.Menzie. *Flow of polymer solutions through porous media*. Journal of Petroleum Technology. 1967; 19(8): p. 1065 - 1073.
4. R.L.Jewett, G.F.Schurz. *Polymer flooding - A current appraisal*. Journal of Petroleum Technology. 1970; 22(6): p. 675 - 684.
5. J.F.Stanislav. *Use of polymers in oil recovery process*. Progress and Trends in Rheology. 1982: p.210 - 211.
6. G.D.Khune, L.G.Donaruma, M.J.Hatch, N.H.Kilmer, J.S.Shepitka, F.D.Martin. *Modified acrylamide polymers for enhanced oil recovery*. Journal of Applied Polymer Science. 1985; 30(2): p. 875 - 885.
7. C.L.McCormick, K.P.Blackmon. *Water-soluble copolymers - XII: Copolymers of acrylamide with sodium-3-acrylamido-3-methylbutanoate: Synthesis and characterization*. Journal of Polymer Science - Part A: Polymer Chemistry. 1986; 24(10): p. 2635 - 2645.
8. D.L.Dauben, D.E.Menzie. *Flow of polymer solutions through porous media*. Journal of Petroleum Technology. 1967; 19(8): p. 1065 - 1703.
9. I.Shvetsov, G.Bakaev, V.Kabo, V.Perunov, Yu.Soliakov. *The current state and prospects of the method of polymer strata stimulation application*. Oil Industry. 1994: p. 41 - 44.
10. Kevin C.Taylor, Hisham A.Nasr-El-Din. *Acrylamide copolymers: A review of methods for the determination of concentration and degree of hydrolysis*. Journal of Petroleum Science and Engineering. 1994; 12: p. 9 - 23.
11. Ana M.S.Maia, Marta Costa. Redouane Borsali, Rosangela B. Garcia, Macromol. Sym. 2005: p. 217 - 227.
12. G.A.Stahl, A.Moradi-Araghi, P.H.Doe. *High temperature and hardness stable copolymers of vinylpyrrolidone and acrylamide*. Water-Soluble Polymer for Petroleum Recovery. 1988: p. 121 - 130.
13. W.M.Kulicke N.Böse, M.Bouldin. *The role of polymers in enhanced oil recovery*. Water-Soluble Polymer for Petroleum Recovery. 1988: p. 1 - 18.

Applicability and potential of polymer injection as an EOR technique for Lower Miocene reservoir in Bach Ho field

Le Hai¹, Nguyen Bich Ha², Ha Thu Huong², Nguyen Trong Hoanh Phong¹, Le Xuan Cuong¹
Le Van Toan¹, Le Dinh Lang³, Nguyen Minh Toan³, Pham Anh Tuan³

¹Nuclear Research Institute

²Vietnam Petroleum Institute

³"Vietsovpetro" Joint Venture

Summary

Polymer for EOR is prepared by radiation techniques. The polymer is synthesised by gamma radiation copolymerisation of acrylamide/or sodium acrylate and N-vinyl pyrrolidone which are hydrophilic monomers. The polymerisation extent and its molecular weight depend on the parameters consisting of radiation dose, dose rate, concentrations of co-monomer and monomer-type. The yield of product is almost 100% when acrylamide is used, higher than using sodium acrylate (~ 71%). The obtained polymer dissolves well not only in water but in brine also. The polymer was not precipitated in hard brines at high temperature (>120oC) and its viscosity slightly reduced around 20% after heating for 30 days at 120oC. The features of polymer including thermal stability, rheology and efficiency of oil recovery were determined. The EOR coefficient of the studied polymer solution was evaluated by the modelling instrument, at submerged oil-well condition. The results show the EOR coefficient enhanced by 12.1% and it satisfies under the condition of Lower Miocene reservoir in Bach Ho oilfield. On the basis of tested results combined with simulation calculations, the economic efficiency of injection technology of radiation-modified polymer solution has also been discussed.

Key words: Oil recovery coefficient; radiation copolymerisation; radiation dose; acrylic acid; acrylamide, N-vinyl pyrrolidone.