

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM MỨC ĐỘ NHIỄM BẨN VĨA SẢN PHẨM TẠI BỒN TRƯNG CỬU LONG DO ẢNH HƯỞNG CỦA SỰ CHÊNH ÁP VÀ ĐỘ THẨM

THE EXPERIMENTAL STUDY OF THE FORMATION DAMAGE IN CUU LONG BASIN DUE TO THE PRESSURE GRADIENT AND PERMEABILITY

Đỗ Văn Khánh, Lê Đức Hoá *, Lê Phước Hảo**

* Công ty Khoan và Dịch vụ khoan dầu Khí Việt (PVD), Việt Nam

** Khoa Kỹ thuật Địa chất & Dầu khí, Đại Học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

TÓM TẮT

Ở Việt Nam, công nghệ khoan trên cân bằng được sử dụng ở hầu hết các giếng khoan dầu khí. Trong quá trình khoan, dung dịch khoan xâm nhập làm nhiễm bẩn vỉa sản phẩm. Mức độ nhiễm bẩn vỉa sản phẩm phụ thuộc chủ yếu vào chất lượng dung dịch khoan, mức chênh áp và độ thấm của vỉa. Báo cáo trình bày một số kết quả thực nghiệm mô phỏng sự tác động của dung dịch khoan Sildril lên mẫu lõi đá có dải độ thấm đặc trưng cho tầng Mioxen thuộc bồn trũng Cửu Long. Các kết quả nghiên cứu sẽ làm cơ sở cho việc đề xuất những giải pháp hoàn thiện công nghệ khoan mở vỉa sản phẩm cho bồn trũng Cửu Long trong thời gian tới.

ABSTRACT

In Viet Nam, almost wells have performed by overbalanced drilling. In drilling operation, reservoirs are continuously affected by the drilling fluid invasion, which causes substantial formation damage. This phenomenon largely depends on differential pressure and permeability of reservoir. The laboratory tests have performed on Sildril mud system to evaluate rate of the formation damage. On the base these results to tend solutions for improve the drilling operations in Cuu Long basin in the coming time.

1. SỰ NHIỄM BẨN THÀNH HỆ TRONG QUÁ TRÌNH KHOAN

Trong quá trình khoan thông thường, dung dịch khoan gây nhiễm bẩn thành hệ do hiệu ứng thẩm lọc theo các cơ chế sau:

- Dung dịch khoan thấm sâu vào thành hệ.
- Sự xâm nhập các phần tử rắn trong dung dịch khoan cũng như mùn khoan làm bít nhét các lỗ hổng và khe nứt trong thành hệ.

Mức độ nhiễm bẩn thành hệ sẽ tăng nếu dung dịch khoan ít phù hợp với tính chất của đất đá

tầng chứa và chất lưu vỉa, đặc biệt khi thành hệ có độ thấm cao và mức chênh áp giữa cột dung dịch khoan và vỉa càng cao.

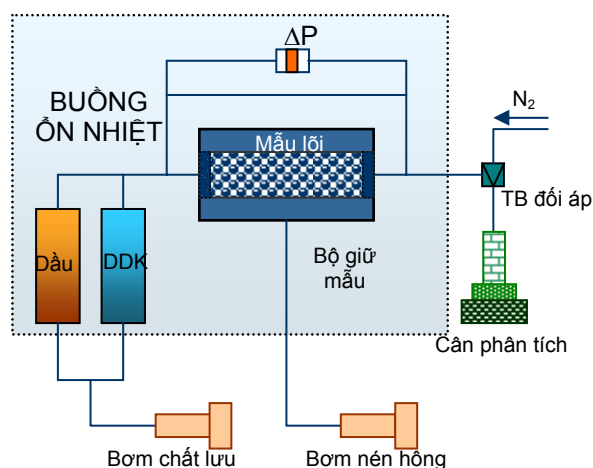
Thể tích xâm nhập của dung dịch khoan vào thành hệ tăng theo thời gian. Ngoài ra, muốn giảm thiểu khả năng xâm nhập của dung dịch vào thành hệ, người ta sử dụng mức chênh áp (tĩnh và động) là tối thiểu đủ đảm bảo sự kiểm soát giếng an toàn.

2. HỆ SỐ PHỤC HỒI ĐỘ THẨM

Có nhiều cách xác định mức độ nhiễm bẩn

thành hệ bởi dung dịch khoan tại hiện trường song cách tối ưu nhất trong phòng thí nghiệm là sử dụng hệ số phục hồi độ thấm. Giá sử độ thấm của thành hệ trước và sau khi thi công giếng khoan có giá trị tương ứng là K_1 và K_2 . Tỷ số K_2/K_1 được gọi là hệ số phục hồi độ thấm và được xác định bằng thực nghiệm. Giá trị này càng nhỏ thì mức độ nhiễm bẩn thành hệ càng lớn

2.1. Sơ đồ thí nghiệm



Hình 1: Mô hình thủy động của thiết bị đo hệ số phục hồi độ thấm

2.2. Các điều kiện thí nghiệm

Để mô phỏng điều kiện khoan vào vỉa sản phẩm ở tầng Mioxen thuộc bồn trũng Cửu Long, các thí nghiệm được thực hiện ở điều kiện sau đây:

- Áp suất nén hông: 150 atm, áp suất vỉa 100 atm
- Nhiệt độ thí nghiệm: 120°C.
- Mẫu cát kết thí nghiệm có chiều dài 14 – 15 cm và đường kính 5 cm.
- Dầu mô phỏng độ nhớt là dầu hòa.
- Dung dịch khoan thí nghiệm là Sildril

Các thí nghiệm được tiến hành ở 2 chế độ khác nhau nhằm đánh giá ảnh hưởng của mức chênh áp và độ thấm lên mức độ nhiễm bẩn thành hệ:

- Mức chênh áp khác nhau (5, 15 và 35 atm) lên mức độ nhiễm bẩn tầng chứa, các mẫu đá cát kết được chọn có dải độ thấm trung bình đặc trưng là 145, 163 và 179 mD.
- Độ thấm của đá cát kết khác nhau (5,5, 51 và 74 mD) lên mức nhiễm bẩn thành hệ, độ chênh áp cố định được chọn là 14 atm.

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

3.1. Ảnh hưởng của mức chênh áp

Trong phương pháp khoan truyền thống, áp suất thủy tĩnh của cột dung dịch thường được chọn cao hơn áp suất vỉa khoảng 5-10%. Mức chênh áp này có ảnh hưởng đến mức độ xâm nhập của dung dịch vào vỉa nói chung cũng như ở thời điểm ban đầu.

Bảng 1: Kết quả đo và tính toán hệ số phục hồi độ thấm hệ của vỉa với dung dịch Sildril

Số hiệu mẫu & Mức chênh áp	Lưu lượng ml/ giờ		Chênh áp ΔP ở hai đầu mẫu, atm		Độ thấm, mD	
	Q1	Q2	$\Delta P1$	$\Delta P2$	K1	K2
M1, M2 & M3, $\Delta P= 5$ atm	100	100	0,0188	0,1200	182,1	46,7
	150	10	0,0288	0,0125	178,3	45,9
	200	50	0,0387	0,0610	177,0	46,4
Hệ số phục hồi độ thấm:					K2/K1 = 0,2587	
M4, M5 & M6, $\Delta P=15$ atm	50	30	0,0137	0,0460	160,8	28,7
	100	50	0,0270	0,070	163,2	30,2
	150	70	0,0400	0,1036	165,2	30,0
Hệ số phục hồi độ thấm:					K2/K1 = 0,1816	
M7, M8 & M9, $\Delta P=30$ atm	100	20	0,0220	0,022	143,3	24,2
	150	30	0,0325	0,032	145,5	24,5
	200	10	0,0428	0,011	147,3	24,7
Hệ số phục hồi độ thấm:					K2/K1 = 0,1684	

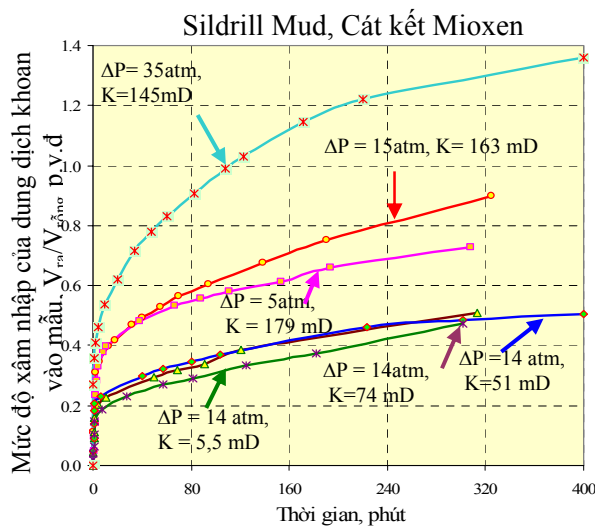
Bảng 1 trình bày các kết quả đo và tính toán hệ số phục hồi độ thấm hệ của vỉa với dung dịch Sildril.

Hình 2 thể hiện rõ động thái xâm nhập của dung dịch khoan ở 10 phút đầu tiên với mức độ xâm nhập chiếm gần 50% tổng lượng dung dịch xâm nhập vào mô hình vỉa. Lượng dung dịch xâm nhập ban đầu này làm nhiễm bẩn nghiêm trọng thành hệ (độ thấm vỉa sản phẩm suy giảm đáng kể) làm bít nhét các lỗ rỗng và kênh dẫn của vỉa sản phẩm, tăng độ bão hoà nước của mẫu vì lúc này lớp vỏ bùn chưa được hình thành đầy đủ.

Động thái xâm nhập của dung dịch khoan theo độ thấm và mức chênh áp khác nhau được trình bày trên hình 3.

Từ các kết quả thí nghiệm ảnh hưởng của các mức chênh áp ở trên, nhận thấy:

- Mức chênh áp có sự ảnh hưởng không nhỏ đến tính chất thấm chứa tự nhiên của vỉa
- Mức chênh áp càng cao thì lượng dung dịch xâm nhập ban đầu vào mẫu càng lớn và mức độ gây nhiễm bẩn vỉa sản phẩm càng nghiêm trọng, do vậy hệ số phục hồi độ thấm càng



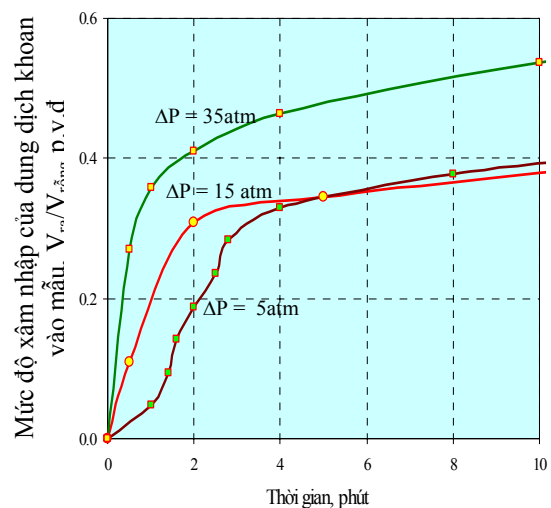
Hình 3: Động thái xâm nhập của dung dịch khoan vào mô hình vỉa phụ thuộc vào mức chênh áp và độ thấm khác nhau

thấp.

3.2. Ảnh hưởng của độ thấm lên mức độ nhiễm bẩn

Để làm rõ mức độ ảnh hưởng của độ thấm khác nhau, thí nghiệm được tiến hành với đá cát kết Mioxen bồn trũng Cửu Long có dải độ thấm điển hình (5,5, 51 và 74 mD). Kết quả thí nghiệm với độ chênh áp cố định được chọn là 14 atm và cùng loại dung dịch khoan Sildril đã thí nghiệm ở trên được trình bày trong bảng 2.

Kết quả thí nghiệm cho thấy, khi độ thấm của mẫu lõi càng lớn thì mức độ xâm nhập của dung dịch vào mẫu càng lớn, tuy nhiên kết quả hệ số phục hồi độ thấm lại không tuân theo mối tương quan tuyến tính này. Sự bất quy tắc này phản ánh các cơ chế nhiễm bẩn đặc thù của hệ dung dịch Sildril trong vỉa sản phẩm. Dung dịch Sildril gây nhiễm bẩn chủ yếu bởi cơ chế kết tủa hoặc tạo gel của silicate có trong dung dịch làm bít nhét các kênh dẫn nhỏ trong vỉa, ngoài ra sự phân huỷ của các polyme làm cho chúng bị hấp thụ trên bề mặt của đất đá. Các cơ chế này gây ra sự suy giảm độ thấm ngay cả đối với vỉa có độ thấm nhỏ hay sự xâm nhập của dung dịch là không sâu. Bên cạnh đó độ bão hoà nước sau



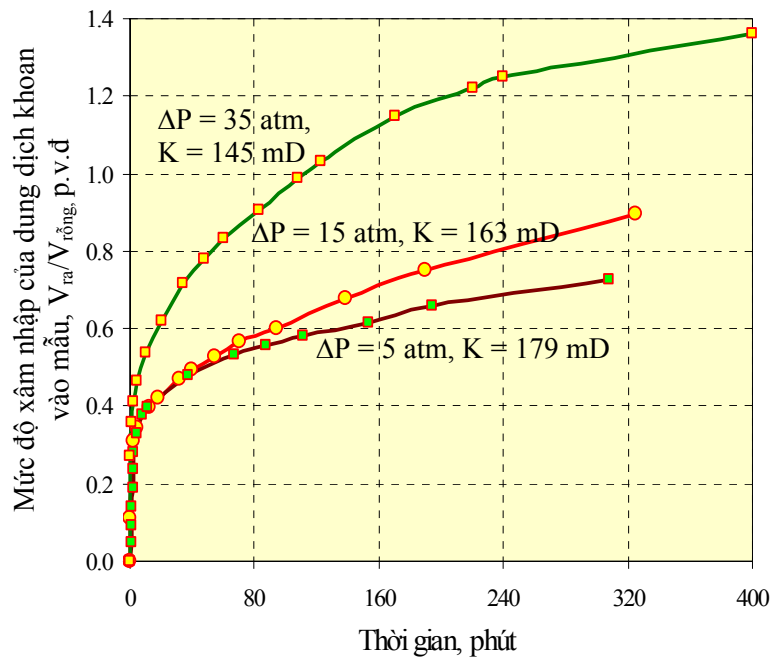
Hình 2: Động thái xâm nhập của dung dịch khoan vào mô hình vỉa phụ thuộc vào mức chênh áp trong 10 phút đầu tiên

khi có sự xâm nhập của dung dịch cũng là nguyên nhân góp phần làm suy giảm độ thấm của mẫu lõi. Trong thí nghiệm đã không nhận thấy lớp vỏ bùn trên bề mặt mẫu, điều này có thể khẳng định là sự suy giảm độ thấm gây ra bởi pha rắn xâm nhập là không đáng kể.

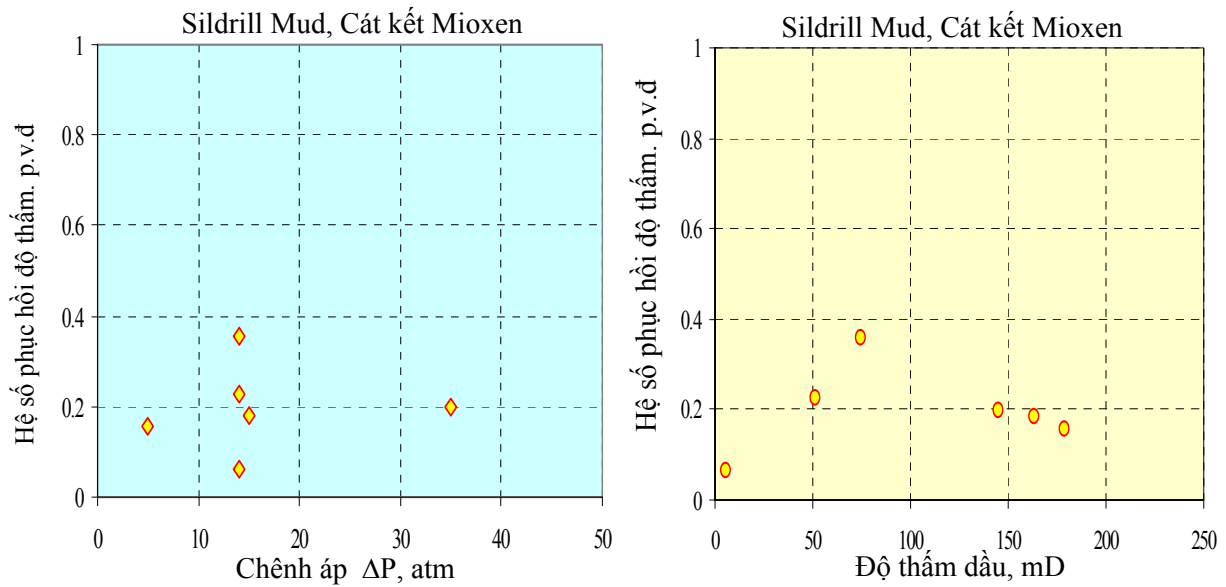
Kết quả thí nghiệm với dung dịch khoan Sildril (hình 5) cũng chỉ rõ mối tương quan giữa hệ số phục hồi độ thấm của vỉa với mức chênh áp và độ thấm của mô hình vỉa.

Bảng 2

Số hiệu mẫu	Lưu lượng ml/ giờ		Chênh áp ΔP hai đầu mẫu, atm		Độ thấm, mD	
	Q1	Q2	$\Delta P1$	$\Delta P2$	K1	K2
M10, M11 & M12	5	0,3	0,067	0,0756	5,2	0,3
	7	0,5	0,091	0,0875	5,4	0,4
	10		0,123		5,7	
Hệ số phục hồi độ thấm:					K2/K1 = 0,0624	
M13, M14 & M15	20	5	0,0353	0,0425	52,1	11,0
	30	10	0,0540	0,0790	51,8	11,8
	40	15	0,0742	0,1130	50,3	12,4
Hệ số phục hồi độ thấm:					K2/K1 = 0,2269	
M16, M17 & M18	30	5	0,0360	0,0171	74,8	26,2
	40	10	0,0487	0,034	73,7	26,4
	50	20	0,0601	0,0665	74,6	27
Hệ số phục hồi độ thấm:					K2/K1 = 0,3568	



Hình 4: Động thái xâm nhập của dung dịch khoan vào mô hình vỉa phụ thuộc vào mức chênh áp



Hình 5: Mối quan hệ giữa hệ số phục hồi độ thấm và độ thấm của mẫu và mức chênh áp

4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu thực nghiệm trên, có thể rút ra một số kết luận sau đây:

- Thí nghiệm phục hồi độ thấm ở điều kiện vỉa có thể dùng để đánh giá mức độ nhiễm bẩn thành hệ trong quá trình khoan
- Với cùng một loại dung dịch khoan thì mức độ xâm nhập của dung dịch khoan vào mẫu lõi phụ thuộc vào mức chênh áp và độ thấm. Các trị số này càng lớn thì hệ số phục hồi độ thấm sẽ càng nhỏ và mức độ nhiễm bẩn vỉa sản phẩm càng cao. Hệ số phục hồi độ thấm cũng tương quan chặt chẽ với độ thấm của mẫu và mức chênh áp.
- Độ sâu xâm nhập của dung dịch khoan càng lớn khi độ thấm dầu ban đầu của mẫu càng lớn. Lượng dung dịch xâm nhập vào mẫu chủ yếu xảy ra trong khoảng 10 phút đầu khi dung dịch tiếp xúc với mẫu và chiếm 50% tổng lượng dung dịch xâm nhập vào mô hình vỉa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. P.S mith, SPE, S.V Browne, SPE, BP Exploration, T.J Heninz, M-I Drilling fluid L.L.C and W.V. Wise, Baker Hughes Inteq. Drill fluid design to prevent formation damage in high permeability Quartz Arenite sandstone. SPE 36430 (1996).
2. Douglas Brant Benion. Improving well productivity by evaluating and reducing formation damage during overbalanced and underbalanced drilling operations. The University of Calgary (2003).
3. Đỗ Văn Khanh, Lê Đắc Hóa, Đinh Hữu Kháng, Vũ Văn Minh. Một số giải pháp nhằm giảm thiểu mức độ nhiễm bẩn khi khoan mở vỉa sản phẩm các giếng khoan thuộc bồn trũng Cửu Long. Tạp chí dầu khí, số 6 (2005).

PHỤ LỤC

Bảng 3: Động thái xâm nhập của dung dịch khoan Sildril theo độ thấm

Thời gian, phút	$V_{ra}/V_{r\ddot{o}ng}$, p.đ.v, K = 74,4 mD	Thời gian, phút	$V_{ra}/V_{r\ddot{o}ng}$, p.đ.v, K = 51,6mD	Thời gian, phút	$V_{ra}/V_{r\ddot{o}ng}$, p.đ.v, K= 5,5 mD
0	0	0	0	0	0
0,37	0,05	0,3	0,05	0,33	0,02
0,6	0,09	0,57	0,09	0,52	0,04
0,73	0,11	0,83	0,14	0,68	0,06
0,98	0,16	1,1	0,18	1,0	0,10
4	0,20	1,4	0,21	1,4	0,15
11	0,23	6	0,23	7	0,19
50	0,29	40	0,30	28	0,23
69	0,32	58	0,32	57	0,27
91	0,34	81	0,35	82	0,29
120	0,38	103	0,37	125	0,33
313	0,51	224	0,46	182	0,38
		302	0,48	302	0,47
		410	0,50		
		490	0,51		

Bảng 4: Động thái xâm nhập của dung dịch khoan Sildril theo mức chênh áp

Thời gian, phút	$V_{ra}/V_{r\ddot{o}ng}$, p.đ.v, $\Delta P = 5 \text{ atm}$	Thời gian, phút	$V_{ra}/V_{r\ddot{o}ng}$, p.đ.v, $\Delta P = 15 \text{ atm}$	Thời gian, phút	$V_{ra}/V_{r\ddot{o}ng}$, p.đ.v, $\Delta P = 35 \text{ atm}$
0	0	0	0	0	0
1	0,05	0,5	0,11	0,5	0,27
1,4	0,09	2	0,31	1	0,36
1,6	0,14	5	0,35	2	0,41
2	0,19	13	0,40	4	0,46
3	0,24	18	0,42	10	0,54
3	0,28	32	0,47	20	0,62
3	0,33	40	0,49	34	0,72
8	0,38	55	0,53	48	0,78
11	0,40	70	0,57	60	0,83
38	0,48	94	0,60	83	0,91
67	0,53	139	0,68	108	0,99
88	0,56	190	0,75	123	1,03
111	0,58	325	0,90	171	1,15
153	0,61			220	1,22
194	0,66			240	1,25
308	0,73			400	1.36

Bảng 6: Ảnh hưởng của dung dịch khoan Sildril lên tính chất thấm chứa của vỉa

TT	Chênh áp, atm	Độ thấm dầu, mD	Hệ số phục hồi độ thấm, p.đ.v
1	5	179,1	0,2587
2	15	163,1	0,1816
3	35	145,3	0,1684
4	14	5,5	0,0624
5	14	74,4	0,3568
6	14	51,6	0,2269