

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ КАРБОНАТНОГО КОЛЛЕКТОРА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРЕДУРАЛЬСКОГО КРАЕВОГО ПРОГИБА

Мартюшев Д.А.

научный руководитель канд. техн. наук, профессор Мордвинов В.А.

*Пермский национальный исследовательский политехнический
университет*

В настоящее время одним из направлений поддержания уровня и увеличения добычи нефти в Пермском крае является вовлечение в активную разработку нефтяных залежей, приуроченных к сложнопостроенным и низкопроницаемым карбонатным коллекторам турнейско-фаменского возраста. Их особенностями являются сложная фильтрационно-емкостная характеристика, связанная с наличием пустот различного типа (трещины, поры, каверны), высокие значения газосодержания пластовой нефти и давления насыщения нефти газом. Разработка таких залежей должна осуществляться с постоянным мониторингом забойных давлений и коэффициентов продуктивности добывающих скважин.

Для удержания вертикальных трещин в продуктивном пласте в раскрытом состоянии пластовое давление жидкости должно превышать боковое горное давление, которое определяется с учетом коэффициента бокового распора $P_{бок} = P_{гор} \cdot K_{бок}$. Вертикальное горное давление ($P_{гор}$) при средней плотности горных пород 2700 кг/м^3 для условий турнейско-фаменской залежи Озерного месторождения (Пермский край) составляет 48,2 МПа. Коэффициент бокового распора $K_{бок} = \frac{\nu}{1-\nu}$, где ν – коэффициент Пуассона. Формула для ν для карбонатных коллекторов Пермского края была предложена В.Д. Викториним [1]:

$$\nu = 0,2 - 0,006 \cdot m_{абс}$$

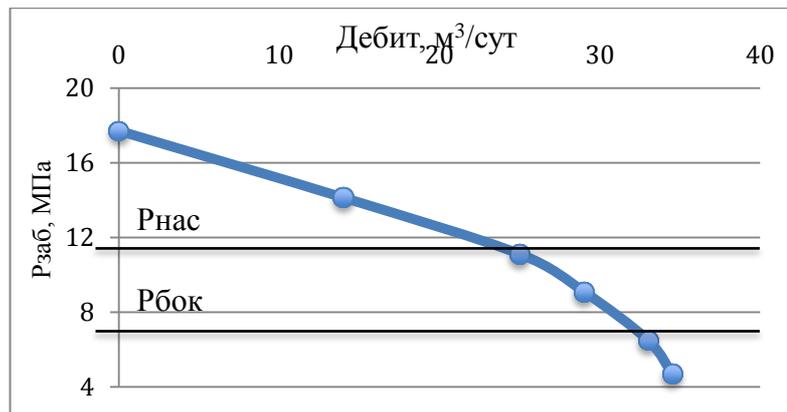
где $m_{абс}$ – полная пористость горной породы, %.

При $m_{абс} = 11\%$, $\nu = 0,134$ и $K_{бок} = 0,155$ боковое горное давление составляет 7,45 МПа, что согласуется с результатами, представленными в работе [2].

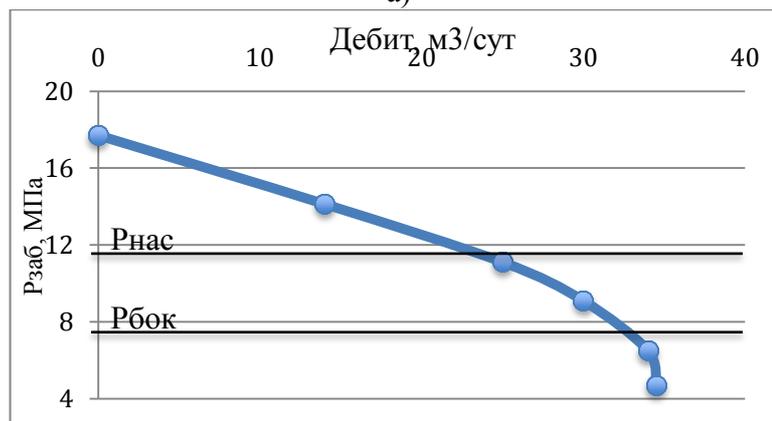
На рис.1 приведены построенные по данным гидродинамических исследований скважин методом установившихся отборов индикаторные диаграммы. В области $P_{заб} > P_{бок}$ диаграммы представляют слабо искривлённые при давлениях ниже $P_{нас}$ линии в сторону оси $P_{заб}$; в области $P_{заб} < P_{бок}$ наблюдается сильное искривление линий в сторону оси ординат, что связано, очевидно, с уменьшением раскрытия трещин при деформациях коллектора [3].

Отдельные карбонатные залежи Верхнего Прикамья, включая залежь Т-Фм Озерного месторождения, характеризуются тем, что часть залежи в виде рифового гребня обладает открытой естественной трещиноватостью, а в низкорельефных участках трещины заполнены микритовым материалом [4].

В таблице 1 и 2 представлена динамика $K_{прод}$ по скв. 429 и 430 Озерного месторождения. Скв. 429 находится в зоне рифового гребня и характеризуется открытой естественной трещиноватостью коллектора, скв. 430 относится к низкорельефному участку залежи.



а)



б)

Рис.1. Индикаторные диаграммы по скв.39 (а) и 42 (б) Озерного месторождения

Таблица 1

Дата	Дебит, м ³ /сут	Р _{пл.тек.} , МПа	Р _{заб.} , МПа	Р _{заб./Рбок}	К _{прод.} , м ³ /(сут · МПа)	К _{общая} , 10 ⁻³ · мкм ²	К _{трещ.} , 10 ⁻³ · мкм ²
05.2006	42	12,10	11,4	1,53	60,00	89,8	62,0
09.2008	5,4	11,90	8,80	1,18	1,74	70,3	42,1
04.2009	6,6	11,20	8,40	1,12	2,36	58,5	30,4
08.2009	5,6	11,54	8,70	1,16	1,97	59,9	30,0
12.2010	5,4	11,64	6,40	0,86	1,03	37,6	9,0
01.2012	2,5	11,25	5,80	0,78	0,46	28,4	0
03.2013	2	10,95	4,00	0,54	0,29	22,1	0

Таблица 2

Дата	Дебит, м ³ /сут	Р _{пл.тек.} , МПа	Р _{заб.} , МПа	Р _{заб./Рбок}	К _{прод.} , м ³ /(сут · МПа)	К _{общая} , 10 ⁻³ · мкм ²	К _{трещ.} , 10 ⁻³ · мкм ²
03.2006	37,6	14,90	14,3	1,92	62,66	126,0	102,8
04.2011	107,6	15,20	7,17	0,96	17,06	78,9	56,0
06.2011	104,9	14,91	6,22	0,83	12,08	58,6	35,7
12.2011	89	16,10	7,91	1,06	10,87	85,2	62,4
01.2013	80	16,00	11,7	1,57	18,60	95,1	72,0
03.2013	75	14,50	9,10	1,22	13,89	77,4	57,4
07.2013	74,5	14,20	6,6	0,88	11,87	59,8	39,5
01.2014	73,9	14,10	5,8	0,77	11,55	50,1	28,9

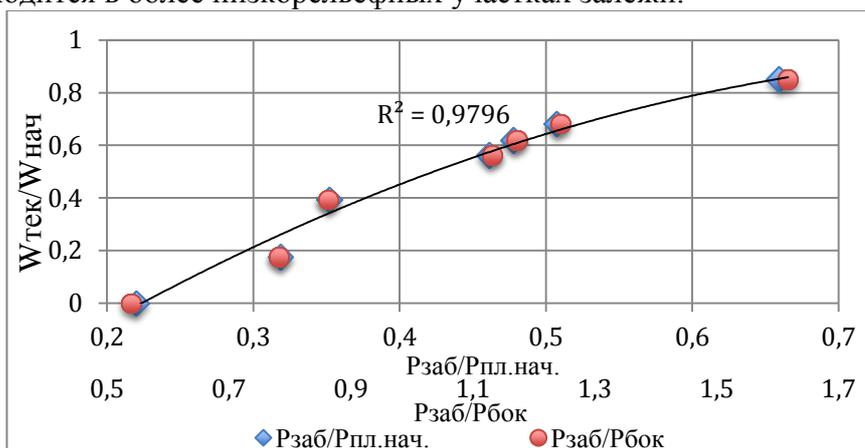
Общая ($K_{общ}$) и трещинная ($K_{трещ}$) проницаемость определена по данным гидродинамических исследований скважин (КВД).

При снижении $P_{заб}$ в скв.429 с 12 до 6,4 МПа (в 1,9 раза) $K_{трещ}$ уменьшилась в 6,9 раза, при $P_{заб} = 5,8$ МПа трещины в ПЗП этой скважины полностью сомкнулись и коллектор стал работать как поровый, то есть произошла трансформация коллектора из трещинно-порового в поровый тип [5].

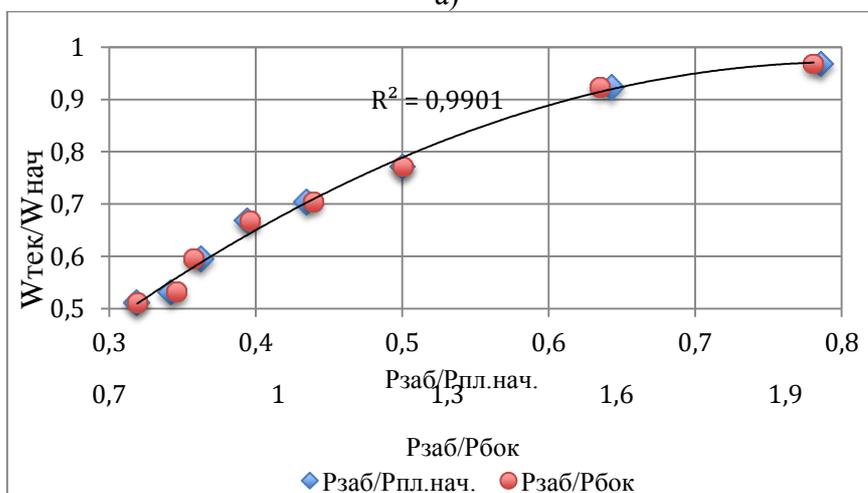
По скв. 430 при снижении $P_{заб}$ с 14,3 до 7,17 МПа (в 2 раза) трещинная проницаемость снизилась в 1,84 раза, а при снижении $P_{заб}$ до 5,8 МПа трещины сохранили свою проницаемость на уровне 28% от начальной. В период с 2011 по 2013 г.г. забойное давление в скважине возросло с 6,22 до 11,7 МПа, за этот период $K_{трещ}$ увеличилась в 2 раза.

По данным скважинам рассчитана начальная раскрытость естественных трещин и ее динамика в процессе эксплуатации скважин в зависимости от изменения $P_{заб}$ (рис.2). Начальная раскрытость трещин ($W_{нач}$) была определена по данным гидродинамических исследований либо по анализу шлифов горных пород. Текущая раскрытость трещин ($W_{тек}$) в процессе эксплуатации скважин была рассчитана по данным гидродинамических исследований скважин.

Из рис. 2 следует, что существенное влияние на изменение раскрытости естественных трещин оказывает тип вскрытого разреза. В случае, если скважина вскрывает трещиноватый коллектор, находящийся в зоне рифового гребня (скв.429), смыкание трещин происходит значительно более быстрым темпом, чем, в случае, если скважина находится в более низкорельефных участках залежи.



а)



б)

Рис.2. Динамика раскрытости естественных трещин при снижении забойного давления: скв.429 (а) и скв.430 (б) Озерного месторождения

Таким образом можно сделать вывод, что основным фактором, влияющим на продуктивность и производительность добывающих скважин, дренирующих сложнопостроенные карбонатные коллекторы нефтяных месторождений Верхнего Прикамья, является забойное давление. При снижении забойного давления происходит смыкание естественных трещин, что приводит к уменьшению коэффициентов продуктивности скважин и даже к изменению типа коллектора. Величину забойного давления следует оптимизировать для каждой добывающей скважины исходя из анализа данных гидродинамических исследований и геологических особенностей в строении коллектора.

Список литературы

1. Викторин В.Д. Влияние особенностей карбонатных коллекторов на эффективность разработки нефтяных залежей. – М.: Недра. 1988. 150 с.
2. Мордвинов В.А., Мартюшев Д.А., Пузиков В.И. Оценка влияния естественной трещиноватости коллектора на динамику продуктивности добывающих скважин сложнопостроенной нефтяной залежи // Нефтяное хозяйство. -2014. -№11. – с.120-122.
3. Robert C. Earlougher, Jr. Advances in well test analysis. Society of Petroleum Engineers of AIME. New York. 1977. Pp.264
4. Мартюшев Д.А. Оценка трещиноватости карбонатных коллекторов вероятностно-статистическими методами // Нефтяное хозяйство. -2014. -№4. – с.51-53.
5. Кашников Ю.А., Ашихмин С.Г., Черепанов С.С., Балдина Т.Р., Филиппов Е.В. Опыт создания ориентированной трещины гидроразрыва пласта на месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 6. – С. 40–43.