

ИЗМЕНЕНИЯ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ В ПРОЦЕССЕ НЕФТЕИЗВЛЕЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

К.А. Лобов

*РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» БелНИПИнефть,
Гомель, Беларусь*

Повышение добычных возможностей нефтяных скважин всегда было и остается важнейшей проблемой нефтегазодобывающей отрасли. Этот вопрос на сегодняшний день приобретает первостепенное значение для условий нефтяных месторождений Припятского прогиба, где открытые залежи нефти уже практически истощены, а вновь открываемые обладают низкими фильтрационно-емкостными характеристиками коллекторов. Залежи нефти в карбонатных коллекторах Припятского прогиба справедливо относятся к категории сложнопостроенных, в связи с их высокой геологической неоднородностью. Установлено, что величина невыработанных запасов в таких залежах может достигать до 80 %, а существенным негативным геологическим фактором в этом процессе является эффект резкого снижения проницаемости пород, обусловленный объемной деформацией горных массивов.

Ответить на вопрос, как влияет напряженно-деформированное состояние на проницаемость породы, на фильтрационный процесс и, в конечном счете, на дебит скважин, невозможно без проведения экспериментальных исследований пород и определения их свойств. Экспериментальные исследования изменения проницаемости при изменяющихся давлениях обжима (имитирующих пластовые условия) проводились в Гомельском комплексном отделе НПЦ по геологии на лабораторной установке УИПК-1 с использованием керна большого диаметра.

Процесс деформации образца внешним давлением ($P_{обж}$) с последующим измерением проницаемости по газу, проходил по следующей технологической схеме. За начало измерения взято внешнее давление ($P_{обж}$) образца, соответствующее начальной части исследования энергетической системы пласта – 3 МПа. Ступенчато давление поднималось до 18 МПа с интервалом 3 МПа, при этом с каждым изменением давления образец выдерживался в течение 2 часов, после чего проводились замеры газопроницаемости. С 18 МПа до 30 МПа исследования проводились по той же схеме с интервалом изменения давления 9 МПа. Снижение внешнего давления с 30 МПа до 18 МПа и с 18 МПа до 3 МПа (обратный ход) проводилось аналогично приведенному выше. В общей сложности образец находился под нагрузкой 76 ч. Лабораторные исследования проводились на обр. 2 и 4 скв. 604 Зуевской площади (семилукские отложения, доломит). Предварительно определены их фильтрационно-емкостные свойства, а также проведено насыщение обр. 4 керосином.

В результате экспериментальных исследований установлено, что под воздействием знакопеременных нагрузок (рост давления обжима – его сброс) в коллекторах трещинного типа с ухудшенными фильтрационными свойствами, происходит смятие контактов и смыкание трещин, которые вызывают дальнейшее ухудшение проницаемости или даже полную потерю фильтрационной способности [1].

По результатам исследований построены графические зависимости изменения газопроницаемости, и относительной проницаемости $(K_n - K_T)/K_n$, % от величины внешнего давления (рис.).

Геодинамика в карбонатных коллекторах играет важную роль на всех этапах геологоразведочного процесса, начиная с бурения скважины и заканчивая разработкой месторождений. Вариации пластового давления приводят к изменению эффективных напряжений, а значит, происходят изменения раскрытости трещин и проницаемости коллекторов. Особенно это важно для низкопроницаемых коллекторов, где фильтрация

происходит по микротрещинам и превышение допустимого эффективного напряжения приводит к смыканию микротрещин и прекращению фильтрации [2]. Если величина напряжений объемного сжатия меньше предела текучести карбонатных пород ($P_{тек}$), который определен экспериментально и равен приблизительно 25 МПа [3], то породы проявляют упругие свойства, при превышении этого порога – в породах развиваются частично упруго-пластические деформации, что сопровождается уменьшением трещинной проницаемости и резким падением дебитов скважины.

$$\text{Используя формулу } P_{ср.эф} = \left(\frac{P_{ос} + P_{рад} + P_{кол}}{3} \right), \quad (1)$$

где $P_{ос}$ – осевое напряжение в скважине, $P_{рад}$ – радиальное напряжение в скважине, $P_{кол}$ – кольцевое напряжение в скважине, *определим среднее эффективное давление ($P_{ср.эф}$) по каждой скважине, характеризующее напряженное состояние массива пород.*

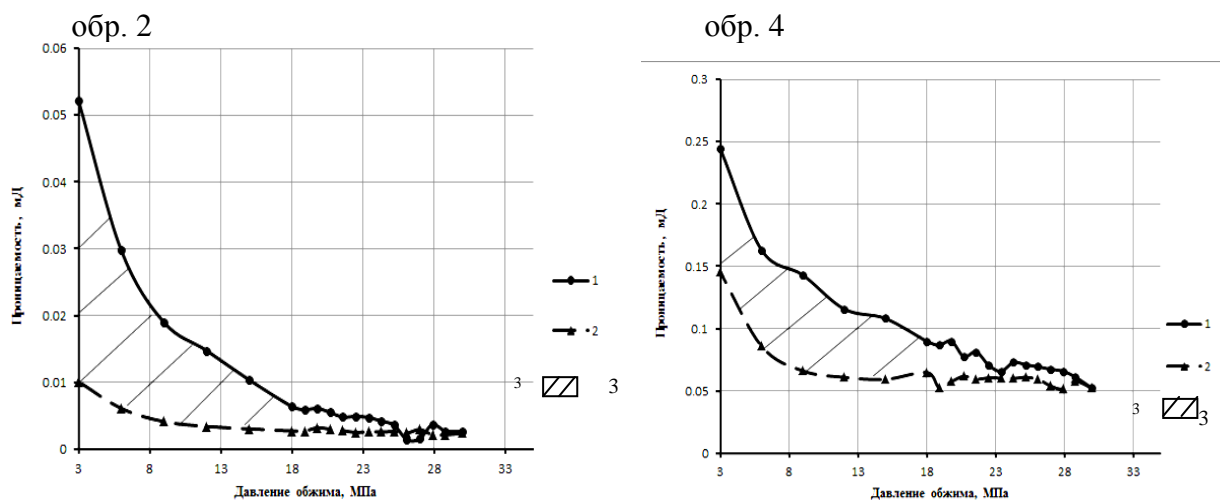


Рис. Изменение проницаемости от давления обжима ненасыщенного (обр. 2) и насыщенного керосином (обр. 4) кернов породы, скв. 604 Зуевская (семилюкский горизонт): 1 – при повышении давления обжима $P_{обж}$ (прямой ход); 2 – при снижении давления обжима $P_{обж}$ (обратный ход); 3 – деформационная потеря проницаемости пласта

При $P_{ср.эф} = P_{тек}$ определяем критические значения пластового давления по формуле

$$P_{кр} = \frac{(1 + \mu) \cdot P_{гор}}{3(1 - \mu)} - P_{тек}, \quad (2)$$

предложенной в работе [4] (где: μ – коэффициент Пуассона, который можно для условий Припятского прогиба принять равным 0,35; $P_{гор}$ - горное давление); были определены критические значения пластового давления для каждой скважины и проанализирована динамика пластового давления относительно критического. При снижении пластового давления ниже уровня критического давления, первичные упругие деформации переходят во вторичные, третичные, вплоть до полного разрушения породы [5]. Необратимые деформации и пластическое изменение пород в пласте приводят к ухудшению фильтрационных свойств коллектора и, в конечном итоге, к потере добычного потенциала скважин.

С целью оценки напряженно-деформированного состояния пластов-коллекторов были рассчитаны значения эффективных давлений, построены карты и графики, а также выполнен анализ их изменения во времени и их влияние на состояние разработки по ряду месторождений Припятского прогиба.

В результате анализа выполненных исследований дана оценка эффективности существующей системы поддержания пластового давления (ППД) и выданы рекомендации для дальнейшей разработки этих месторождений. Полученные результаты

позволяют прогнозировать невыработанные (или слабовырабатываемые) участки залежи, приуроченные к зонам, наиболее подверженным деформационным изменениям в процессе нефтеизвлечения, которые необходимо учитывать при проектировании разработки, планировании геолого-технических мероприятий и оценке выработки запасов.

Литература

1. *Лобов К.А., Лобова Н.Л., Кибаш М.Ф., Зайцев А.И.* Влияние упруго-пластичных деформаций на фильтрационные характеристики коллектора (на примере семилукской залежи Зуевского месторождения) // *Літасфера*. 2014. № 1. - С. 134–136.

2. *Митрофанов В.П.* О влиянии эффективного давления на фильтрационно-емкостные свойства карбонатных пород // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2005. № 1. - С. 34-45.

3. *Рынский М.А., Лобов А.И.* Механические особенности карбонатных коллекторов месторождений Припятского прогиба // *Поиски и освоение нефтяных ресурсов РБ: Сб. науч. тр. – Гомель, 2007. - Вып. 6. - 412 с.*

4. *Липский Л.А., Мануйло В.С., Воробьев С.Н.* Влияние упруго-пластических деформаций пласта на производительность скважин // *Поиски и освоение нефтяных ресурсов республики Беларусь: Сб. науч. тр.– Речица, 2010. - Вып. 7. - С. 258-262.*

5. *Biot M.A.* Theory of elasticity and consolidation for a porous anisotropic solid // *J. Appl. Phys.* 1955. Vol. 26. - P. 182-197.