© С.Б. Бекетов, Ю.К. Димитриади, 2005

УДК 622.245

С.Б. Бекетов, Ю.К. Димитриади

МЕТОД ТЕСТИРОВАНИЯ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА УГЛЕВОДОРОДОВ

Проведение качественной обработки призабойной зоны пласта (ПЗП) жидкостью интенсификации возможно только при учете целого ряда факторов [1]. В частности необходимо определение фильтрационно-емкостных характеристик обрабатываемой зоны и технологических параметров закачки жидкости в пласт. С этой целью перед проведением работ непосредственно по интенсификации, следует выполнить определение приемистости скважины, т.е. кратковременное испытание скважины при избыточном давлении на обрабатываемый пласт. При этом производится закачка жидкости совместимой с породами продуктивных отложений (в частности пластовой воды) в пласт с постоянным расходом до момента стабилизации давления нагнетания. При этом контролируются: производительность агрегатов, объем закачанной жидкости, изменения давления нагнетания, время проведения операции.

Данный метод исследования пласта относится к группе пьезометрических методов при неустановившемся режиме фильтрации, когда после воздействия на пласт возникают неустановившиеся процессы перераспределения давления. При решении краевых задач неустановившейся фильтрации жидкости приближенными методами принято предположение, что в каждый момент времени вся область движения жидкости в пласте условно разделяется на две области – возмущенную и невозмущенную. В соответствии с этим через время t после закачки жидкости в пласт с постоянным расходом вокруг скважины образуется возмущенная область, где давление будет распределяться по закону (метод «усреднения») [2]:

$$P(r,t) = P_к + \frac{Q_o h}{4pkh}\ln\frac{R^2(t)}{r_c^2} + \frac{Q_o h}{4pkh}\left(\frac{r^2}{R^2(t)} - 1\right) \quad (1)$$

при этом:

$$R(t) = \sqrt{r_c^2 + 8ct} \quad (2)$$

где $P_к$ - пластовое давление, Па; Q_o - расход закачиваемой жидкости в пласт, м^3/с; h - динамический коэффициент вязкости, Па·с; k - коэффициент проницаемости, м^2; h - толщина пласта, м; $R(t)$ - радиус (координата) возмущенной области пласта, м; r_c^2 - радиус скважины, м; c - коэффициент пьезопроводности, м^2/с; t - время, с.

Наиболее распространенным методом определения коллекторских свойств пласта (проницаемость, пьезопроводность) по данным изменения забойного давления с течением времени является метод построения преобразованного графика изменения забойного давления в полулогарифмических координатах ΔP, $\lg t$. Используя формулу для определения давления в любой точке плоскорадиального потока в условиях упругого режима фильтрации, можно получить функциональную зависимость между изменением забойного давления ΔP и временем t с момента нагнетания жидкости в пласт с постоянным расходом:

$$\Delta P \equiv P_c - P_к = \frac{2,3 Q_o h}{4pkh}\lg\frac{r_c^2 + 8ct}{r_c^2} + \frac{Q_o h}{4pkh}\left(\frac{r_c^2}{r_c^2 + 8ct} - 1\right) \quad (3)$$

где ΔP - изменение забойного давления, Па.

После определенных преобразований, учитывая $8ct / r_c^2 >> 1$ и $r_c^2 / (r_c^2 + 8ct) » 0$, выражение (3) можно записать в виде:

$$\Delta P = a + b \lg t \qquad (4)$$

при этом:

$$a = b \left(\lg \frac{8c}{r_c^2} - 0,4348 \right)$$

$$b = 0,1832 \frac{Q_o h}{kh}$$

График изменения забойного давления, построенный по замеренным данным в процессе закачки жидкости в пласт, перестраивают в координатах ΔP, $\lg t$ (рисунок). По прямому участку кривой находится отрезок, отсекаемый ее продолжением на оси ΔP (отрезок a) и тангенс угла наклона этой прямой к оси $\lg t$ ($b = tgj$).

Полученные значения позволяют определить следующие величины:

- гидропроводность пласта:

$$\frac{kh}{h} = 0,1832 \frac{Q_o}{tgj} \qquad (5)$$

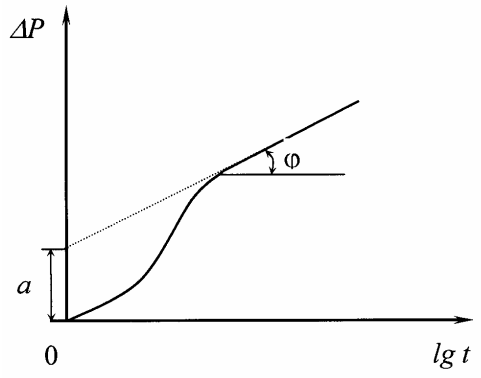
- коэффициент проницаемости:

$$k = 0,1832 \frac{Q_o h}{h \cdot gj} \qquad (6)$$

- коэффициент пьезопроводности:

$$c = \frac{10^{\frac{a}{tgj} + 0,4348} \cdot r_c^2}{8} \qquad (7)$$

- коэффициент приемистости скважины:



$$K_y = \frac{Q_o}{P_c - P_к} = \frac{Q_o}{\Delta P} \qquad (8)$$

При этом расход жидкости через любую цилиндрическую поверхность радиусом r определяется по формуле

$$Q(r,t) = Q_o e^{-\frac{r^2}{4ct}} \qquad (9)$$

На основании вычисленных величин выполняется подбор режимных параметров закачки жидкости интенсификации для обработки призабойной зоны пласта: расход и необходимый объем закачиваемой жидкости, давление нагнетания.

Исходя из определения коэффициента приемистости скважины, можно определить:

- при заданной репрессии на пласт ΔP расход закачиваемой жидкости:

$$Q_{впж} = \frac{K_y \cdot h \cdot \Delta P}{h_{впж}} \qquad (10)$$

где $h_{впж}$ - динамический коэффициент вязкости жидкости, Па·с;

- при заданном расходе $Q_{впж}$ требуемая репрессия:

$$\Delta P = \frac{Q_{впж} \cdot h_{впж}}{K_y \cdot h} \qquad (11)$$

Правомерно допущение, что жидкость, поглощаемая пластом, до момента стабилизации давления нагнетания заполнит призабойную зону пласта. Данное допущение дает возможность в первом приближении определить объем жидкости интенсификации, необходимой для заполнения зоны обработки пласта с учетом фактических условий:

$$V = Q_o \cdot t_c \qquad (12)$$

где t_c - время закачки пластовой жидкости в скважину до момента стабилизации давления нагнетания, в течение которого жидкость движется по призабойной зоне пласта, с.

Таким образом, технологический процесс интенсификации углеводородов можно оптимизировать в результате диагностирования технологических параметров непосредственно

График зависимости изменения забойного давления от времени закачки пластовой жидкости в пласт

перед проведением работ в скважине, путем определение приемистости пласта и последующей интерпретации полученных сведений. При этом вычисляются параметры:

- гидропроводность пласта;
- коэффициент проницаемости;
- коэффициент пьезопроводности;
- коэффициент приемистости скважины;
- расход жидкости интенсификации;
- необходимый для обработки объем жидкости;
- давление нагнетания жидкости в скважину;
- создаваемая репрессия на пласт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бекетов С.Б., Димитриади Ю.К., Косяк А.Ю.* Математическая модель циклического воздействия переменным давлением на продуктивный пласт с целью интенсификации притока флюидов. / Горный информационно-аналитический бюллетень, № 3. 2004. – М.: Государственный горный университет. С. 34-38.

2. *Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М.* Подземная гидромеханика. / Учебник для вузов. – М.: Недра 1993. С. 416.

Коротко об авторах

Бекетов Сергей Борисович - кандидат технических наук, первый заместитель начальника НТЦ ООО «Кубаньгазпром».

Димитриади Юлиана Константиновна – ст. научный сотрудник ОАО «СевКавНИПИгаз».

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ПРОКОПОВА Марина Валентиновна	Обоснование параметров крепи и жесткой армировки глубоких вертикальных стволов с учетом фактических отклонений от проекта в процессе проходки	25.00.22	к.т.н.
ТУРУК Юрий Владимирович	Повышение эффективности струговой выемки антрацитовых пластов на основе совершенствования средств управления кровлей	25.00.22 05.05.06	к.т.н.
УХТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
РОЧЕВ Алексей Николаевич	Повышение информативности гидродинамических исследований скважин	25.00.17	к.т.н.