

Особенности вытеснения газа вязко-пластичными жидкостями

Х.И. Дадаш-заде, к.т.н.,

З.Д. Акберова, к.т.н.,

Х.А. Исмаилова, к.т.н.,

О.Ю. Салаватов

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

E-mail: petrotech@asoiu.az

Ключевые слова: скорость, движение контура, время разработки, проницаемость, давление начала движения жидкости.

Qazın özlü-plastik mayelərlə sıxışdırılmasının xüsusiyyətləri

X.I. Dadaş-zadə, t.e.n., Z.D. Əkbərova, t.e.n., H.Ə. İsmayılova, t.e.n., O.Y. Salavatov
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Açar sözlər: sürət, konturun hərəkəti, işlənmə vaxtı, keçiricilik, mayenin hərəkətə başlama təzyiqi.

Anomal xassəli mayelərlə qazın sıxışdırılması tədqiqatları aparılmışdır. Təhlillər göstərmişdir ki, qazların özlü-plastik mayelərlə sıxışdırılması zamanı hərəkətin sürəti mayenin başlanğıc sürətinə uyğun təzyiqdən asılıdır. Bu zaman qaz yatağının işlənmə vaxtı artır, bununla da konturun hərəkəti hesabına təzyiq daha effektiv bərpa olunur.

The aspects of gas displacement via viscous-plastic fluids

Kh.I. Dadash-zadeh, Cand. in Tec. Sc., Z.D. Akberova, Cand. in Tec. Sc., Kh.A. Ismaylova, Cand. in Tec. Sc., O.Y. Salavatov
Azerbaijan State Oil and Industry University

Keywords: speed, contour motion, development time, permeability, the pressure of fluid motion beginning.

The paper deals with the studies on displacement of gas with abnormal properties. The analysis justified that in gas displacement via viscous-plastic fluid, the motion speed depends on the pressure corresponding the beginning of fluid motion. Herewith, the time of gas deposit development increases, thus, the pressure recovery in it becomes more efficient due to the contour motion.

Большой теоретический и практический интерес представляют задачи вытеснения газа жидкостями с различными физическими свойствами. Практика показывает, что при разработке газовых месторождений в условиях водонапорного режима газ вытесняется в скважины под действием напора контурных вод, при этом происходит продвижение контуров водоносности.

В ранних работах [1–3] рассматриваются вопросы вытеснения газа водой, при этом не учитываются физические свойства вытесненной жидкости. Часто авторы не учитывали изменение плотности газа и жидкости, вытесняющей его.

Практика показывает, что для ряда месторождений характерен водонапорный режим, при котором разработка газового месторождения сопровождается продвижением контурных вод, приводящим с течением времени к уменьшению объема порового пространства газоносной части залежи. Анализ показывает, что от темпа продвижения контурных вод зависит темп падения пластового давления в газовой залежи.

Падение давления определяет падение дебиты газовых скважин, что, в свою очередь, определяет потребное число скважин для поддержания заданного уровня добычи газа из месторождения.

Многочисленные задачи разработки газовых месторождений показывают, что от величины возможного темпа продвижения контура газоводоносности зависит ряд задач, и в

том числе, размещение скважин на газовой площади. При продвижении контура неучет этого параметра может привести к большим погрешностям при подсчете запасов газа, которые определяются по фактическим данным о падении давления и добыче газа. Из сделанного анализа выявляется актуальность и большое практическое значение данного вопроса.

В данной работе предлагается метод вытеснения газа жидкостью с аномальными свойствами. Лабораторные и теоретические исследования показывают, что изменение физических свойств жидкости в большей степени влияет на темп продвижения контакта, что в свою очередь отражается на темпе падения пластового давления.

С учетом вышесказанного, в данной работе рассмотрена задача вытеснения газа жидкостью с вязко-пластичными свойствами. Первоначально рассмотрена задача о вытеснении газа жидкостью с аномальными свойствами в условиях одномерной фильтрации газа и жидкости по линейному закону фильтрации. Область пласта ограничена контуром жидконосности и галереей, насыщенной газом. Прямолинейную галерею рассматриваем как ряд скважин, расположенных прямолинейно, в виде цепочки вдоль линии контура газового месторождения.

Примем, что приведенный к атмосферному давлению и пластовой температуре расход газа и его вязкость постоянны, тогда давление во всех точках области газоносности, в том числе, и на контуре газоносности будет одинаково и равно средневзвешенному по объему области газоносности пласта.

Проведенный анализ показывает, что при исследовании движение жидкости в области жидконосности рассматривается как контур пласта, являющийся изобарой. Тогда скорость движения контура жидконосности можно определить как

$$v = \frac{k}{m\eta} \frac{(p_k - p - \Delta p_0)}{x}, \quad (1)$$

где v – скорость движения контура жидкости с вязко-пластичными свойствами; k – проницаемость пласта по жидкости; m – пористость пласта; p_k – давление на контуре пласта; η – структурная вязкость вязко-пластичной жидкости; Δp_0 – давление, соответствующее началу движения жидкости с вязко-пластичными свойствами; \bar{p} – средневзвешенное давление.

Отметим, что входящее в вышеуказанное уравнение средневзвешенное давление в газовой залежи изменяется во времени так, как оно изменялось бы в условиях газового режима, при котором перемещения контура не происходит. Тогда, согласно закону подземной гидромеханики, формула имеет вид

$$\bar{p} = \frac{p_k \Omega - Q_r p_0 t}{\Omega}, \quad (2)$$

где $\Omega = (L - x_0) B h m$ – первоначальный объем порового пространства в области газоносности; h – толщина пласта; p_k – первоначальное давление равное контурному; t – время истечения с начала разработки газовой залежи; B – ширина пласта; p_0 – атмосферное давление. Решая совместно данные уравнения имеем

$$v = \frac{k}{m\eta} \left[\frac{Q_r p_0 t}{X \Omega} - \frac{\Delta p_0}{X} \right]. \quad (3)$$

Перемещение контура жидконосности за определенный период времени равно

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{k}{m\eta} \left[\frac{Q_r p_0 t}{X \Omega} - \frac{\Delta p_0}{X} \right]. \quad (4)$$

Разделив переменные, получим

$$x dx = \frac{k}{m\eta} \left[\frac{Q_r p_0 t}{\Omega} - \Delta p_0 \right]. \quad (5)$$

Проинтегрировав данное уравнение по граничным условиям

$$x = x_0; t = 0$$

$$x = x_b; t = t$$

имеем

$$x_b = \sqrt{x_0^2 + \frac{k}{\eta} \left[\frac{Q_r p_0 t^2}{\Omega} - 2 \Delta p_0 t \right]}, \quad (6)$$

где Q_r – добыча газа в единицу времени.

С учетом первоначального объема порового пространства в области газоносности, имеем

$$x_b = \sqrt{x_0^2 + \frac{k}{\eta} \left[\frac{Q_r p_0 t^2}{(L - x_0) B h m^2} - 2 \Delta p_0 t \right]} \quad (7)$$

Данная формула дает возможность определить положение контура жидконосности в любой момент времени при разработке газовой залежи, при извлечении постоянного в единицу времени количества газа и показывает зависимость продвижения контура жидкости с вязко-пластичными свойствами от различных параметров, к числу которых относятся проницаемость, пористость, структурная вязкость, размеры газовой залежи, расстояние от контура питания до контура жидконосности и от давления, соответствующее началу движения жидкости с вязко-пластичными свойствами.

Для определения зависимости конечного продвижения контура от темпа разработки газовой залежи можно определить время полного извлечения газа из залежи

$$T = \frac{\Omega p_k}{p_0 Q_r} = \frac{m B h (L_k - x_0) p_k}{p_0 Q_r}. \quad (8)$$

Тогда имеем

$$x_{\text{кон}} = \sqrt{x_0^2 + \frac{p_k k T}{\eta m} \left(1 - \frac{2 \Delta p_0}{p_k} \right)}. \quad (9)$$

Как видно из формулы, при повышении темпа отбора газа, характеризуемого величиной расхода газа, конечная величина продвижения контура жидкости с вязкопластичными свойствами уменьшается

$$x_{\text{кон}} = \sqrt{x_0^2 + \frac{k(L_k - x_0) B h p_k^2}{\eta Q_r p_0} \left(1 - \frac{2 \Delta p_0}{p_k} \right)}. \quad (10)$$

Список литературы

1. Мирзаджанзаде А.Х., Кузнецов О.Л., Бастиев К.С., Алиев З.С. Основы технологии добычи газа. – М.: Недра, 2003, 808 с.
2. Коротаев Ю.П. Комплексная разведка и разработка газовых месторождений. – М.: Недра, 1968, 268 с.
3. Щелкачев В.Н., Ланук Б.Б. Подземная гидравлика. – М.-Л.: Гостоптехиздат, 1949, 515 с.

Как видно из формулы, с увеличением аномальных свойств вытесняемой жидкости конечная величина продвижения контура жидкости с аномальными свойствами уменьшается.

Теперь определим время разработки газовой залежи

$$T = \frac{\eta m (x_{\text{кон}}^2 - x_0^2)}{k p_k \left(1 - \frac{2 \Delta p_0}{p_k} \right)}. \quad (11)$$

Как видно при вытеснении газа жидкостью с вязко-пластичными свойствами время разработки газовой залежи увеличивается. Эксперименты и промышленные наблюдения показали, что чем больше время разработки газовой залежи, тем эффективнее восстановление давления в ней за счет продвижения контура. При этом увеличивается охват газовой части пласта. При условии, когда $\Delta p_0 = 0$ имеем общеизвестную формулу данную в работе [3].

Выводы

1. При вытеснении газа вязко-пластичной жидкостью увеличивается время разработки газовой залежи.
2. Проведенный анализ показывает, что с увеличением времени разработки газовой залежи увеличивается эффект восстановления давления в пласте за счет продвижения контура, что приводит к возрастанию охвата газовой залежи.