

### Тема3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАСТОВОЙ ЭНЕРГИИ

Нефтяная залежь имеет газовую шапку, окружена активной пластовой водой и характеризуется сложным проявлением различных режимов работы продуктивного пласта.

**Заданы:** нач. доля объема газовой шапки по отношению ко всему объему залежи в пределах контура нефтегазоносности –  $\alpha_0$ , нач. газосодержание нефти –  $\Gamma_0[\text{м}^3/\text{м}^3]$ , нач. объемный коэффициент газа –  $b_{Г0}$ , нач. объемный коэффициент нефти –  $b_{Н0}$ , насыщенность порового объема связанной водой –  $S_{СВ}$ .

Кроме этого известно, что за период эксплуатации среднее пластовое давление снизилось от давления насыщения  $P_H$  до текущего давления  $P_{пл}$ , а параметры (по данным лабораторных исследований) получили значения: газосодержание нефти –  $\Gamma[\text{м}^3/\text{м}^3]$ , объемный коэффициент газа –  $b_G$ , объемный коэффициент нефти –  $b_H$ , объемный коэффициент воды –  $b_B$ . При этом за период эксплуатации добыто безводной нефти –  $Q_H[\text{м}^3]$ , добыто газа –  $V_G[\text{м}^3]$ , добыто воды –  $V_B[\text{м}^3]$ , а количество законтурной воды, внедрившейся в залежь равно  $W[\text{м}^3]$ .

**Определить** на основе метода материального баланса: начальные геологические запасы нефти  $G_H$ ; текущую нефтеотдачу  $\eta$  и текущую нефтенасыщенность нефтяной залежи  $S_H$  на момент времени, когда пластовое давление в процессе разработки изменилось от давления насыщения  $P_H$  до текущего давления  $P_{пл}$ ; относительную эффективность отдельных видов энергии (газовой шапки, растворенного газа, активной пластовой воды) в вытеснении нефти –  $J_{Гш}$ ,  $J_{рг}$ ,  $J_B$ .

#### РЕШЕНИЕ

1) Определяем долю объема газовой шапки от объема начальных геологических запасов нефти в залежи

$$\alpha = \alpha_0 / (1 - \alpha_0).$$

2) Определяем значение среднего за рассматриваемый период газового фактора

$$\Gamma^* = V_G / Q_H.$$

3) Составляем материальный баланс газа в залежи на момент времени, когда пластовое давление снизилось до величины  $P_{пл}$  и добыто количество газа  $V_G$ :

$$\Delta V_G = G_{ГC} + G_{ГP} = (\alpha G_H b_{H0} / b_{Г0} + G_H \Gamma_0 - V_G) b_G, \quad (1)$$

где,  $\Delta V_G$  - оставшийся в залежи, приведенный к текущему пластовому давлению объем газа, который состоит из растворенного в нефти газа  $G_{ГP}$ :

$$G_{ГP} = (G_H - Q_H) \Gamma b_G,$$

и свободного газа (газовой шапкой)  $G_{ГC}$ :

$$G_{ГC} = (\alpha G_H b_{H0} + G_H b_{H0}) - (G_H - Q_H) b_H - (W - b_B V_B).$$

4) Решаем уравнение материального баланса (1) относительно  $G_H$ :

$$G_H = \frac{Q_H [b_H + b_G (\Gamma^* - \Gamma)] - (W - b_B V_B)}{\alpha b_{H0} (b_G / b_{Г0} - 1) + b_H - b_{H0} + b_G (\Gamma_0 - \Gamma)}. \quad (2)$$

Введем обозначение:

$$B = b_H + (\Gamma_0 - \Gamma) b_G.$$

Этот коэффициент можно условно назвать двухфазным объемным коэффициентом. Он характеризует изменение единицы объема нефти с растворенным в ней газом при снижении давления от текущего пластового до атмосферного. Получим расчетную формулу для определения начальных геологических запасов нефти  $G_H$ :

$$G_H = \frac{Q_H [B + (\Gamma^* - \Gamma_0) b_G] - (W - V_B b_B)}{B - b_{H0} + \alpha b_{H0} (b_G / b_{Г0} - 1)}. \quad (3)$$

5) За рассматриваемый период коэффициент нефтеотдачи при снижении пластового давления от  $P_H$  до  $P_{пл}$  (при этом было добыто нефти  $Q_H$ ) составил:

$$\eta = \frac{Q_H}{G_H}.$$

6) Определим значение текущей нефтенасыщенности на конец указанного периода:

$$S_H = \frac{(G_H - Q_H)b_H}{G_H b_{H0}} (1 - S_{CB}) = (1 - \eta) \frac{b_H}{b_{H0}} (1 - S_{CB}).$$

7) Обратим внимание на то, что в выражении (3) для начальных геологических запасов нефти первое слагаемое в числителе выражает общее количество добытых нефти и газа, приведенное к пластовым условиям при текущем пластовом давлении:

$$Q_{HG} = Q_H [B + (\Gamma^* - \Gamma_0)b_\Gamma]. \quad (4)$$

Преобразуем выражение (3)

$$G_H [B - b_{H0} + \alpha b(b_\Gamma / b_{\Gamma0} - 1)] = Q_H [B + (\Gamma^* - \Gamma_0)b_\Gamma] - (W - V_B b_B).$$

Разделим левую и правую часть этого уравнения на (4)

$$G_H \frac{B - b_{H0}}{Q_H [B + (\Gamma^* - \Gamma_0)b_\Gamma]} + G_H \frac{\alpha b_{H0}(b_\Gamma / b_{\Gamma0} - 1)}{Q_H [B + (\Gamma^* - \Gamma_0)b_\Gamma]} = 1 - \frac{(W - V_B b_B)}{Q_H [B + (\Gamma^* - \Gamma_0)b_\Gamma]}.$$

Или

$$J_{PG} + J_{ГШ} + J_B = 1.$$

Следовательно, можно определить долю участия отдельных видов пластовой энергии в общей добыче из залежи.

Доля участия газовой шапки в вытеснении нефти:

$$J_{ГШ} = G_H \frac{\alpha b_{H0}(b_\Gamma / b_{\Gamma0} - 1)}{Q_H [B + (\Gamma^* - \Gamma_0)b_\Gamma]}.$$

Доля участия активной пластовой воды в вытеснении нефти:

$$J_B = \frac{(W - V_B b_B)}{Q_H [B + (\Gamma^* - \Gamma_0)b_\Gamma]}.$$

Доля участия растворенного газа в вытеснении нефти:

$$J_{PG} = G_H \frac{B - b_{H0}}{Q_H [B + (\Gamma^* - \Gamma_0)b_\Gamma]}.$$

### Итоговые формулы:

$$\alpha = \alpha_0 / (1 - \alpha_0)$$

$$\Gamma^* = V_\Gamma / Q_H$$

$$B = b_H + (\Gamma_0 - \Gamma)b_\Gamma$$

$$G_H = \frac{Q_H [B + (\Gamma^* - \Gamma_0)b_\Gamma] - (W - V_B b_B)}{B - b_{H0} + \alpha b_{H0}(b_\Gamma / b_{\Gamma0} - 1)}$$

$$\eta = \frac{Q_H}{G_H}$$

$$S_H = (1 - \eta) \frac{b_H}{b_{H0}} (1 - S_{CB})$$

$$J_{ГШ} = \frac{G_H \alpha b_{H0}(b_\Gamma / b_{\Gamma0} - 1)}{Q_H [B + (\Gamma^* - \Gamma_0)b_\Gamma]}$$

$$J_B = \frac{(W - V_B b_B)}{Q_H [B + (\Gamma^* - \Gamma_0)b_\Gamma]}$$

$$J_{PG} = \frac{G_H (B - b_{H0})}{Q_H [B + (\Gamma^* - \Gamma_0)b_\Gamma]}$$