

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ, АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ И ОБУСТРОЙСТВА УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Лекция №5

Хромых Людмила Николаевна

## Расчеты технологических показателей разработки неоднородных пластов по методу УФНИИ (метод М.М. Саттарова).

- М.М. Саттаровым предложен метод расчетов показателей разработки с учетом неоднородности по проницаемости.
- Метод предполагает, что непрерывный неоднородный пласт моделируется серией прослоев, границы которых сориентированы параллельно линиям тока. Прослой различной проницаемости распределены по мощности вероятно, а плотность  $f(k)$  и функция распределения проницаемости  $F(k)$  имеет вид видоизмененного распределения Максвелла:

$$f(k) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{\frac{-k+a}{k_0}} \sqrt{\frac{k+a}{k_0}} \frac{1}{k_0} \quad (1)$$

$$F(k) = \operatorname{erf} \sqrt{\frac{k+a}{k_0}} - \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{\frac{-k+a}{k_0}} \sqrt{\frac{k+a}{k_0}} \quad (2)$$

- где  $k$  – проницаемость,
- $a$ , – параметры распределения.
- Вытеснения нефти принимается поршневым, но учитывается снижение фазовой проницаемости для воды в промытой зоне.
- Принимается течение жидкости к “проницаемым” эксплуатационным галереям с дополнительным внутренним фильтроционным сопротивлением, а скорость движения жидкости – пропорциональной проницаемости пропластков.
- Схема расчета процесса обводнения строится аналогично схеме расчетов по методу Ю.П. Борисова – определяются характеристики вытеснения по отдельным прослоям, которые затем суммируются по всем прослоям различной проницаемости.
- Доля нефти в потоке жидкости находится по следующей формуле:

$$f_H = \frac{1}{1 + \frac{\mu_n}{\mu_v} \cdot \frac{k_\phi}{k} \cdot \frac{\bar{k}_v}{\bar{k}_n}} \quad (3)$$

- где:  $\mu_i, \mu_{\hat{a}}$  – вязкость нефти и воды,
- $\frac{k_{\delta}}{k}$  – относительная проницаемость для воды в заводненной зоне

(принимается равной 0,5÷0,3 по кривым фазовой проницаемости Березина В.М.),

- $\bar{k}_{\hat{a}}$  – средняя проницаемость зоны, занятой вытесняемой водой к моменту  $t_m$ ,
- $\bar{k}_i$  – средняя проницаемость зоны, занятой нефтью к моменту  $t_m$ .
- С учетом функции распределения проницаемости (2)  $\bar{k}_{\hat{a}}$  и  $\bar{k}_i$  находятся из соотношений:

$$\bar{e}_{\hat{a}} = \frac{3}{2} \frac{k_0}{1 - F\left(\frac{a}{k_0}\right)} \left[ \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{-\frac{a}{k_0}} \sqrt{\frac{a}{k_0}} + \operatorname{erf} \sqrt{\frac{a}{k_0}} \left(1 - \frac{2}{3} \frac{a}{k_0}\right) \right] - \bar{k}_H \quad (4)$$

$$\tilde{e}_H = \frac{3}{2} \frac{k_0}{1 - F\left(\frac{a}{k_0}\right)} \left\{ \left( 1 - \frac{2}{3} \frac{a}{k_0} \right) \left[ F\left(\frac{k_m + a}{k_0}\right) - F\left(\frac{a}{k_0}\right) \right] - \frac{4}{3\sqrt{\pi}} \left[ e^{-\left(\frac{k_m + a}{k_0}\right)} \left( \sqrt{\frac{k_m + a}{k_0}} \right)^3 e^{-\frac{a}{k_0}} \left( \frac{a}{k_0} \right) \right]^3 \right\} \quad (5)$$

- Коэффициент охвата пласта заводнением к моменту  $t_m$  прорыва воды по пропласткам с проницаемостью  $k_m$  представляется как:

$$\beta_{i\bar{a}} = [1 - F(k_m)] + \frac{\bar{k}_H}{\bar{k}_a} \quad (6)$$

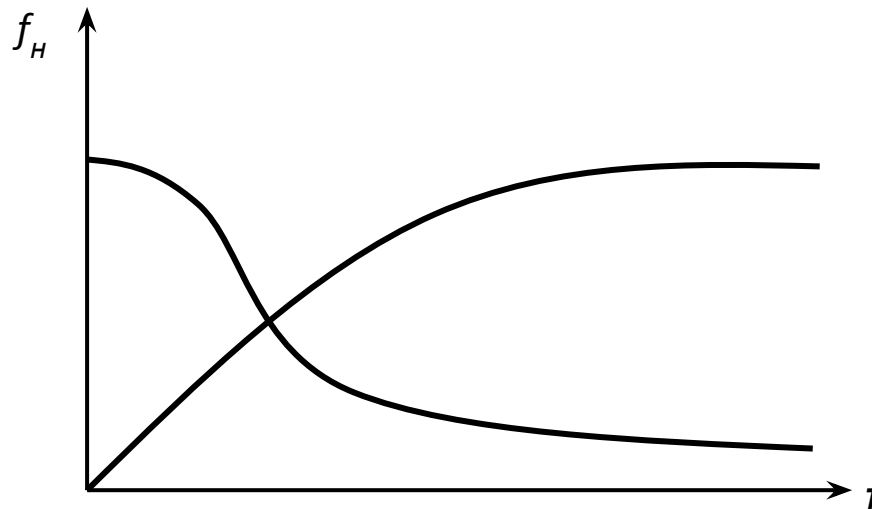
- где:  $F(k_m)$  – значение интегральной функции распределения проницаемости в сечении  $k_m$ ,
- Затем вводится безразмерное время разработки.
- $\tau$  – равное суммарному отбору жидкости в долях активных запасов.

$$\tau = \frac{q_a t}{Q_A} = \beta_{i\bar{a}} + \mu_0 \left[ \frac{\bar{k}_a}{k_m} - 1 + F(k_m) \right] \quad (7)$$

- где:  $q_{ж}$  – дебит галереи по жидкости, м<sup>3</sup>/год
- $t$  – время, годы
- $Q_A$  – активные запасы.

$$Q_A = Q_{акт} \cdot k_m$$

- Методом материального баланса в выражениях  $f_H; \beta; \tau$  (3,6,7) исключается переменная  $k_m$  и устанавливается зависимость между долей нефти  $f_H$  и охватом и безразмерным временем разработки  $\tau$ .



- Эти зависимости и положены в основу дальнейших расчетов.
- Для различных показателей неоднородности  $\frac{\dot{a}}{k_0}$  и соотношения вязкостей  $\frac{\mu_H}{\mu_{\dot{a}}}$  зависимости  $f_H; \tau; \beta(\tau)$  вычислены и табулированы в работе Баишева Б.П.
- Начальные дебиты жидкости рядов скважин определяются по уравнениям интерференции Ю.П. Борисова, которые считаются постоянными на рассмотренном этапе и изменяются при переходе к следующему этапу, то есть после отключения ряда.
- Система уравнений интерференции может быть представлена для полосовой залежи из трех рядов скважин (1 нагнетательная и 2 добывающих) в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} P_H - P_1 &= (Q_1 + Q_2 + Q_3)\Omega_1 + Q_1\omega_1 \\ P_1 - P_2 &= -Q_1\omega_1 + (Q_2 + Q_3)\Omega_2 + Q_2\omega_2 \\ P_2 - P_3 &= -Q_2\omega_2 + Q_3(\Omega_3 + \omega_3) \end{aligned} \right\}$$

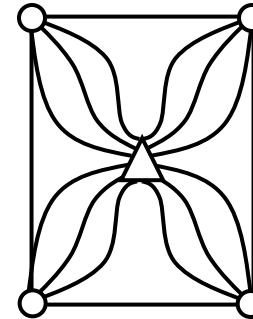
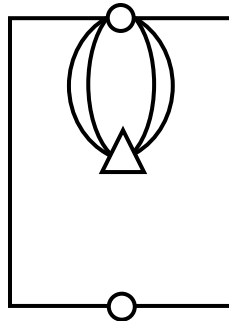
$$Q_H = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

- Где:  $\Omega_1, \omega_1$  – внешнее и внутреннее сопротивление.

$$\Omega_1 = \frac{\mu_H L_1}{S k h}$$

$$\omega_1 = \frac{\sigma_1 \mu_H}{\pi S k h} \cdot \ln \frac{\sigma_1}{\pi r_1}$$

Линии тока



- По зависимости  $f_H(\tau)$  или  $\beta_H(\tau)$  для всех значений  $\tau$  находят величины  $f_H$  - доли нефти в потоке жидкости.



- Затем определяются отборы нефти  $q_i = q_{\alpha} f_n$  и воды  $q_{\hat{a}} = q_{\alpha} - q_n$
- суммарный отбор нефти  $\sum q_i$ ; воды  $\sum q_{\hat{a}}$ ; жидкости  $\sum q_{\alpha}$ .
- Кроме того метод Саттарова позволяет определить распределение скважин по дебитам и оценить их обводненность.
- При этом принимается, что пласт состоит из определенного числа отдельных зон, а распределение проницаемости, по зонам подчиняется уравнению:

$$F(k) = erf \frac{k_i}{k_n} - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \dot{a} \left( \frac{k_i}{k_i} \right) \cdot \frac{k_i}{k_i} \quad (8)$$

- Где:  $k_i$  – средняя проницаемость  $i$ -той зоны,
- $k_n$  – параметрические распределения.
- Этим же законом определяется и распределение проницаемости по мощности в каждой зоне.
- Для установления темпа обводнения  $f_i(\tau_i)$  выбирается зона со средней проницаемостью  $k_0$ .
- Для других зон безразмерное время определяется из соотношения:

$$\tau_i = \tau_0 \cdot \frac{k_i}{k_0}$$

- Распределение скважин по дебитам находится по следующей формуле:

$$F(q) = \operatorname{erf} \sqrt{\frac{q}{q_0}} - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-\frac{q}{q_0}} \cdot \sqrt{\frac{q}{q_0}} \quad (9)$$

- Где:  $q_0$  – параметр распределения.
- Затем по зависимостям  $f_n(\tau)$  или  $\beta_n(\tau)$  для всех значений  $\tau$  выполняется расчет обводнения фонда скважин во времени.
- Расчет ведется до тех пор, пока значение обводненности  $f_g(\tau)$  не достигнет заданного значения при отключении рядов скважин (98 – 99,9%)