

# **Лекция 2.**

## **Качество заканчивания скважин. Гидродинамически совершенная скважина**

*Преподаватель:* к.т.н., доцент, и.о. заведующего каф. БС ИПР  
Ковалев Артем Владимирович

# ЗАКАНЧИВАНИЕ СКВАЖИН

**Определение:** комплекс технологических процессов от момента вскрытия продуктивного пласта до момента его освоения и испытания как промышленного объекта.

**В комплекс технологических процессов заканчивания скважин входят следующие технологические процессы:**

- **Первичное вскрытие** продуктивного пласта(ов) при бурении;
- **Испытание продуктивного пласта(ов)** в период бурения;
- **Крепление ствола** скважины и **разобшение пластов** обсадными трубами, тампонажными материалами и специальным внутрискважинным оборудованием;
- **Установка фильтра** между продуктивными пластами и скважиной (при необходимости);
- **Вторичное вскрытие** продуктивных пластов перфорацией;
- **Вызов притока** флюида из пластов;
- Работы по **интенсификации притока** флюида из пластов (при необходимости).

# КАЧЕСТВО ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН

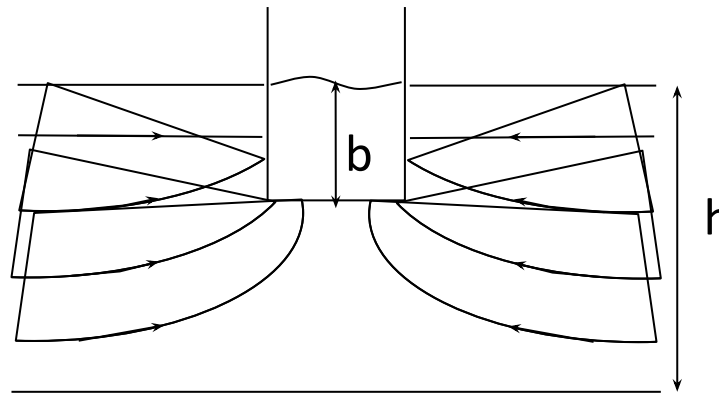
Качество заканчивания скважин может быть оценено по результатам проведения испытаний пласта как эксплуатационного объекта, на финальной стадии заканчивания.

Реальная скважина оценивается по степени её несовершенства по сравнению с гидродинамически совершенной скважиной:



# КАЧЕСТВО ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН

**Скважина, несовершенная по **степени** вскрытия:**  
вскрывает продуктивный пласт не на всю толщину:



*Схема притока в скважину, несовершенную по степени вскрытия*

Степень совершенства по степени вскрытия оценивается отношением:

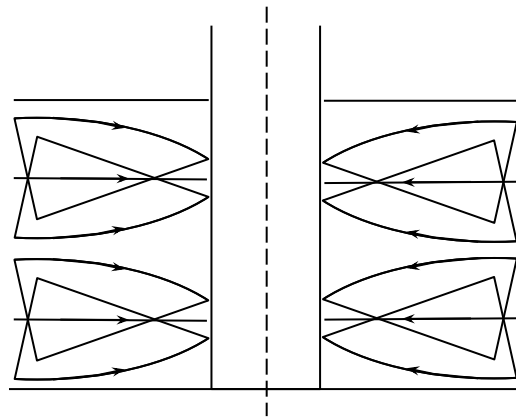
где  $b$  - толщина вскрытой части пласта;  
 $h$  - мощность пласта.

$$\delta_1 = \frac{b}{h}$$

# КАЧЕСТВО ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН

## Скважина, несовершенная по **характеру** вскрытия:

связь пласта со скважиной осуществляется не через открытый забой, а через перфорационные каналы:



*Схема притока в скважину, несовершенную по характеру вскрытия*

Степень совершенства по характеру вскрытия оценивается отношением:

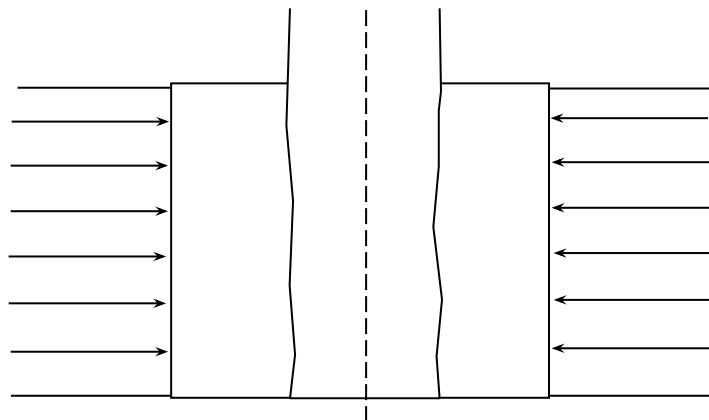
где  $\Sigma S_{\text{перф}}$  – суммарная площадь перфорационных отверстий,  
 $S_{\text{скв}}$  – площадь стенки скважины в интервале продуктивного пласта.

$$\delta_2 = \frac{\Sigma S_{\text{перф}}}{S_{\text{скв}}}$$

# КАЧЕСТВО ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН

**Скважина, несовершенная по **качеству** вскрытия:**

Проницаемость коллектора в призабойной зоне пласта (ПЗП) снижена по сравнению с естественной проницаемостью пласта:



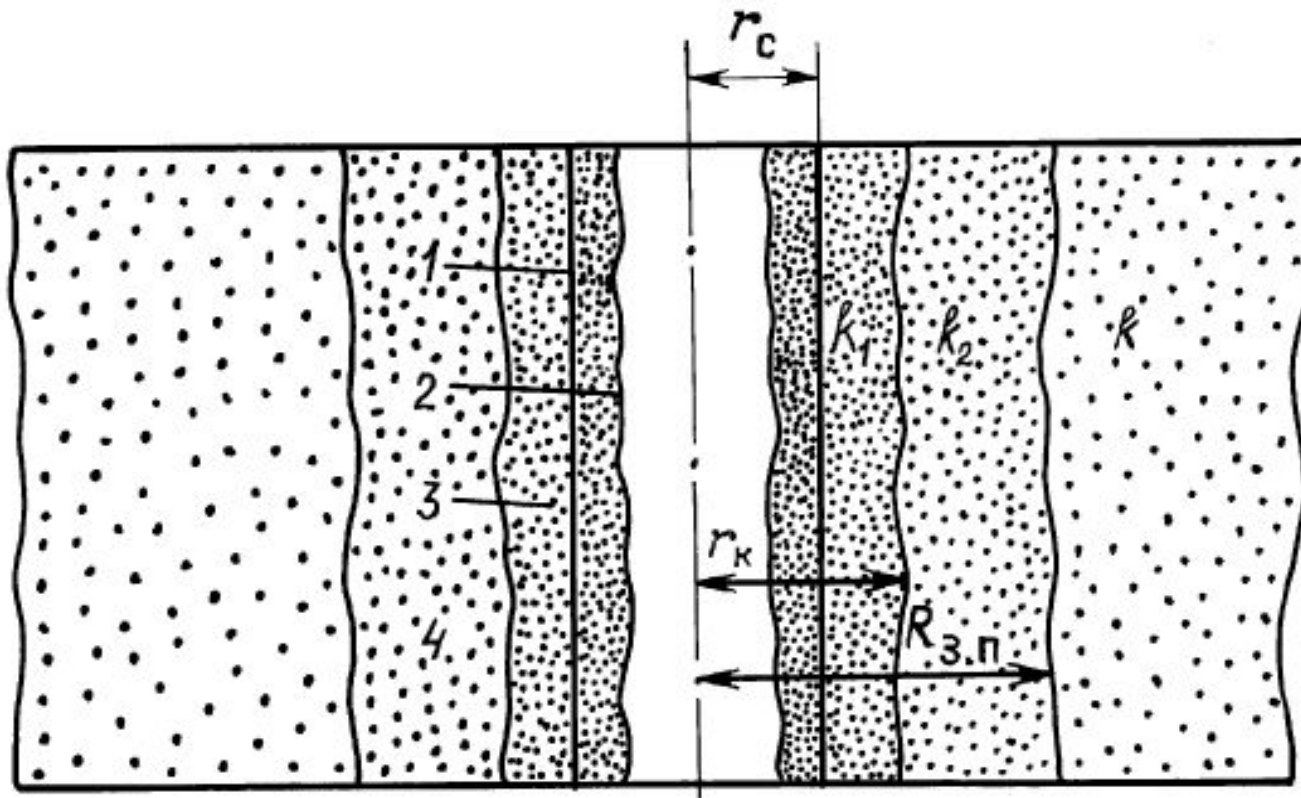
*Схема притока в скважину, несовершенную по качеству вскрытия*

Степень совершенства по характеру вскрытия оценивается отношением:

где  $k_{пзп}$  – проницаемость на забое (в ПЗП),  
 $k_{пл}$  – проницаемость продуктивного пласта.

$$\delta_3 = \frac{k_{пзп}}{k_{пл}}$$

# КАЧЕСТВО ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН



*Схема прискважинной зоны пласта после вскрытия его бурением:*

**1 - стенка скважины;**

**2 – фильтрационная корка;**

**3 - зона когельматации (зона проникновения твердой фазы бурового раствора);**

**4 - зона проникновения фильтрата бурового раствора;**

$k, k_1, k_2$  - проницаемости в удаленной зоне пласта, в зоне когельматации и в зоне проникновения фильтрата.

# ГИДРОДИНАМИЧЕСКИ СОВЕРШЕННАЯ СКВАЖИНА

**Определение:** скважина, совершенная по степени, характеру и качеству вскрытия.

Дебит гидродинамически совершенной скважины  $Q_c$  может быть рассчитан по формуле Дюпюи (для вертикальной скважины):

$$Q_c = \frac{2\pi k_{пл} h (P_{пл} - P_з)}{\mu \cdot \ln \frac{R_{пзп}}{R_c}}$$

где  $k_{пл}$  – проницаемость пласта в  $m^2$ ,

$h$  – мощность пласта в м,

$P_{пл}$  – пластовое давление в МПа,

$P_з$  – забойное давление в МПа,

$\mu$  – вязкость пластового флюида в

(МПа\*с),

$R_{пзп}$  – радиус призабойной зоны пласта в

м,

$R_c$  – радиус скважины в м.



# ГИДРОДИНАМИЧЕСКИ СОВЕРШЕННАЯ СКВАЖИНА

Формула Дюпюи для **реальной** скважины отличается от формулы Дюпюи для **гидродинамически совершенной** скважины тем, что в ней вводятся параметры  $C_1, C_2, C_3$ , характеризующие несовершенную скважину, которые рассчитываются через степень совершенства скважины по формулам:

$$Q_p = \frac{2\pi k_{пл} h (P_{пл} - P_3)}{\mu \left( \ln \frac{R_{нзн}}{R_c} + C_1 + C_2 + C_3 \right)}.$$

$$C_1 = \frac{1}{\delta_1} - 1 = \frac{h}{b} - 1;$$

$$C_2 = \frac{1}{\delta_2} - 1 = \frac{S_{скв}}{\Sigma S_{перф}} - 1;$$

$$C_3 = \frac{1}{\delta_3} - 1 = \frac{k_{пл}}{k_{пзп}} - 1.$$

Для расчета притока пластового флюида к системе взаимодействующих несовершенных скважин важное значение имеет понятие приведенного радиуса. **Приведенным радиусом**  $R_{пр}$  называется радиус такой фиктивной совершенной скважины, дебит которой при прочих равных условиях равен дебиту гидродинамически несовершенной скважины:

$$Q_p = \frac{2\pi k_{пл} h (P_{пл} - P_c)}{\mu \ln \frac{R_{нзн}}{R_{пр}}}.$$

# КАЧЕСТВО ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН

Для оценки качества заканчивания скважины можно использовать **коэффициент гидродинамического совершенства  $\varphi$**  (**относительная продуктивность ОП, гидропроводность призабойной зоны пласта**), под которым понимают отношение дебита реальной скважины  $Q_p$  к дебиту  $Q_c$  этой же скважины, если бы она была гидродинамически совершенной. Из этого определения и ранее представленных формул можно записать:

$$\varphi = \frac{Q_p}{Q_c} = \frac{\ln \frac{R_{нзн}}{R_c}}{\ln \frac{R_{нзн}}{R_c} + C_1 + C_2 + C_3} = \frac{\ln \frac{R_{нзн}}{R_c}}{\ln \frac{R_{нзн}}{R_{пр}}}.$$

## Оценка качества заканчивания:

- ОП меньше 0,7 – неудовлетворительное;
- ОП, равная 0,7÷0,8 – удовлетворительное;
- ОП, равная 0,8÷0,9 – хорошее;
- ОП больше 0,9 – высококачественное.

# КАЧЕСТВО ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН

За рубежом для оценки степени совершенства скважины по качеству вскрытия продуктивного пласта применяют такой показатель загрязнения продуктивного пласта, как **скин-фактор**  $S_k$ :

$$S_k = \ln \frac{R_{пзп}}{R_c} \cdot \left( \frac{k_{пл}}{k_{пзп}} - 1 \right),$$

где  $R_{пзп}$  – радиус загрязненной зоны пласта;

$R_c$  – радиус скважины с учетом коэффициента кавернозности;

$k_{пл}$  – проницаемость в незагрязненной зоне пласта;

$k_{пзп}$  – проницаемость загрязненной зоны пласта.

## Оценка качества заканчивания по скин-фактору:

- $S_k < -2$  – проницаемость прискважинной зоны повышена вследствие проведения ГРП;
- $-1 \leq S_k \leq 1$  – проницаемость ПЗП изменена незначительно;
- $S_k > 3$  – проницаемость ПЗП заметно понижена, что может служить основанием для проведения работ по увеличению фильтрационных характеристик пласта;
- $-2 < S_k < 3$  – оптимальное значение скин-эффекта.