

# КОМПЬЮТЕРНЫЙ КОНТРОЛЬ ЗА ПРОЦЕССАМИ ПРОИСХОДЯЩИМИ В СКВАЖИНЕ



К работам на скважинах с возможными газонефтеводопроявлениями допускаются рабочие и специалисты, прошедшие подготовку по курсу «Контроль скважины. Управление скважиной при нефтегазоводопроявлениях» в специализированных учебных центрах. Проверка знаний и переподготовка этих кадров проводится не реже одного раза в 3 года

(п 2.7. 7.2 ПБНГП)

# Литература

- Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности (ПБ 08-624-03). Серия 08. Выпуск 4. М.: -2003.- 312 с.
- Шевцов В.Д. Предупреждение газопроявлений и выбросов при бурении глубоких скважин.- М.: Недра, 1988.-200 с.
- Логанов Ю.Д. и др. Открытые фонтаны и борьба с ними: Справочник.- М: Недра, 1991.-198 с.
- Басарыгин Ю.М., Будников В.Ф., Булатов А.И. Теория и практика предупреждения осложнений и ремонта скважин при их строительстве и эксплуатации: Справочное пособие: В 6 т.-М.: Недра, 2001.-Т.3.-399 с.
- Куксов А.К. и др. Предупреждение и ликвидация газонефтепроявлений при бурении. – М.: Недра, 1992. -251 с

# Лекция 1

ОСНОВНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ДАВЛЕНИЯХ В СКВАЖИНЕ

## 1.1 ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- **Газонефтеводопроявления (ГНВП)** — поступление пластового флюида в скважину, непредусмотренное проектом
- **Перелив** — истечение жидкости через бурильные трубы при отсутствии циркуляции в скважине
- **Выброс** — апериодичное извержение флюида из скважины на значительную высоту
- **Фонтан** — постоянное, неуправляемое извержение пластового флюида через устье скважины на значительную высоту
- **Грифон** — проявление пластового флюида вне устья скважины
- **Флюид** — любой вид продукта (газ, нефть, вода...) находящийся в пласте

## 1.2 ДАВЛЕНИЯ В СКВАЖИНЕ

### ■ Гидростатическое давление ( $P_{гс}$ )

$$P_{гс} = P_0 + \rho g H, \text{ Па}$$

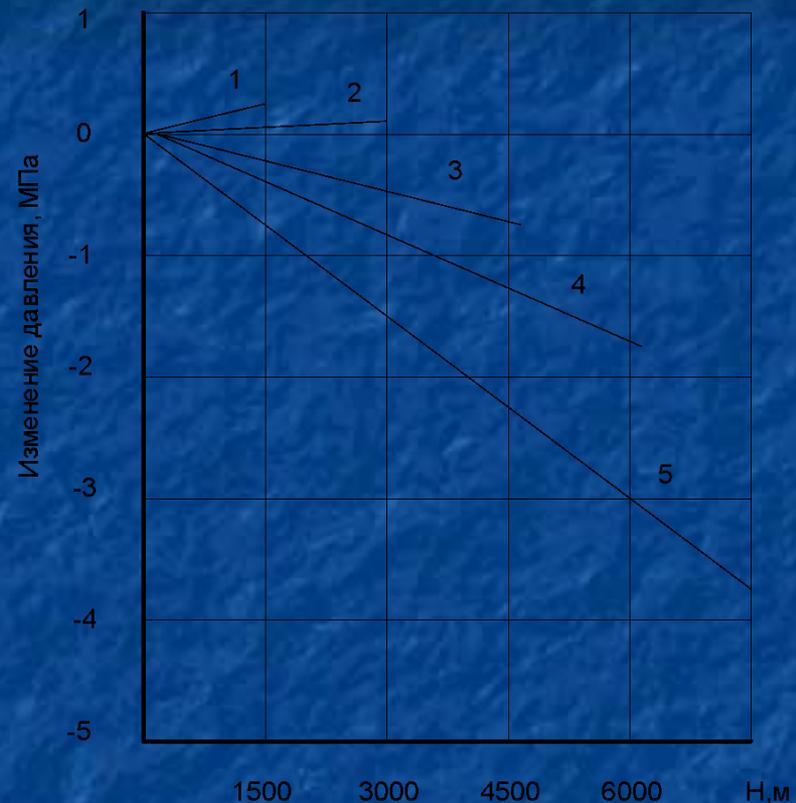
где:  $P_0$  – внешнее давление на свободной поверхности, Па;

-  $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

-  $g$  – ускорение свободного

падения, м/с<sup>2</sup>;

-  $H$  – высота столба жидкости, м



$T_{град} = 4 \text{ C}/100 \text{ м}$      $Q = 19 \text{ л/с}$

Зависимость изменения давления от глубины скважины с учетом температуры

# Горное (геостатическое) давление ( $P_{гор}$ )

$P_{гор}$  - давление, оказываемое весом вышележащих пород и насыщающих их флюидов

$$P_{гор} = \sum_{i=1}^n h_i (1 - \varphi_i) \rho_{гпi} g + \sum_{i=1}^n h_i \varphi_i \rho_{фi} g$$

где:  $h$  – мощность интервала, м;  
 $\varphi$  - пористость пород доли общего объема;  
 $\rho_{гп}$  и  $\rho_{ф}$  - плотность горных пород и флюида, кг/м<sup>3</sup>;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>



## ■ Пластовое давление ( $P_{пл}$ )

Пластовое (поровое) давление представляет собой давление, оказываемое флюидами, содержащимися в горной породе.

Различие между пластовым и поровым давлениями определяется характером пород, содержащих в порах флюид. В проницаемых породах-коллекторах давление флюида называют пластовым, в непроницаемых, таких как глина, - поровым.

Пластовое давление называется нормальным, если оно равно гидростатическому давлению столба пластовых вод, сообщающихся через трещины и поры горной породы с атмосферой (рис. а).

Пластовые давления, превышающие гидростатические давления флюидов определяются как аномально высокие давления, а пластовые давления меньше гидростатических называются аномально низкими (рис. б, в).

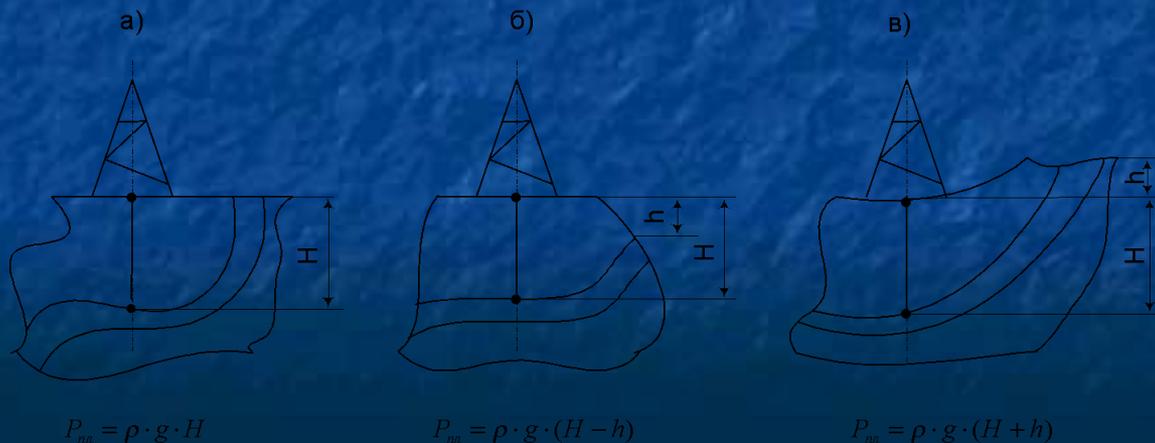


Рисунок.- Влияние пьезометрической высоты на пластовое давление в скважине  
а)- устье скважины совпадает с пьезометрической поверхностью;  
б)- устье скважины расположено выше пьезометрической поверхности;  
в) - устье скважины расположено ниже пьезометрической поверхности

# ■ Давление гидроразрыва горных пород ( $P_{гр}$ )

Это давление, создаваемое флюидом, при котором в горной породе начинают возникать трещины

## Формула Итона

$$grad P_{гр} = \frac{P_{пл}}{H} + \left( \frac{\nu}{1-\nu} \right) \frac{P_{гор} - P_{пл}}{H}$$

## Формула Андерсена

$$grad P_{гр} = \left( \frac{2\nu}{1-\nu} \right) \frac{P_{гор}}{H} + \left( \frac{1-3\nu}{1-\nu} \right) \frac{P_{пл}}{H}$$

где  $P_{пл}$  - пластовое и горное давления, Па;  $H$  - глубина пласта, м;  $\nu$  - коэффициент Пуассона

Горная порода	Коэффициента Пуассона
Глины:	
- песчанистые	0,38-0,45
- плотные	0,25-0,36
Глинистые сланцы	0,10-0,20
Известняки	0,28-0,33
Каменная соль	0,44
Песчаники	0,30-0,35

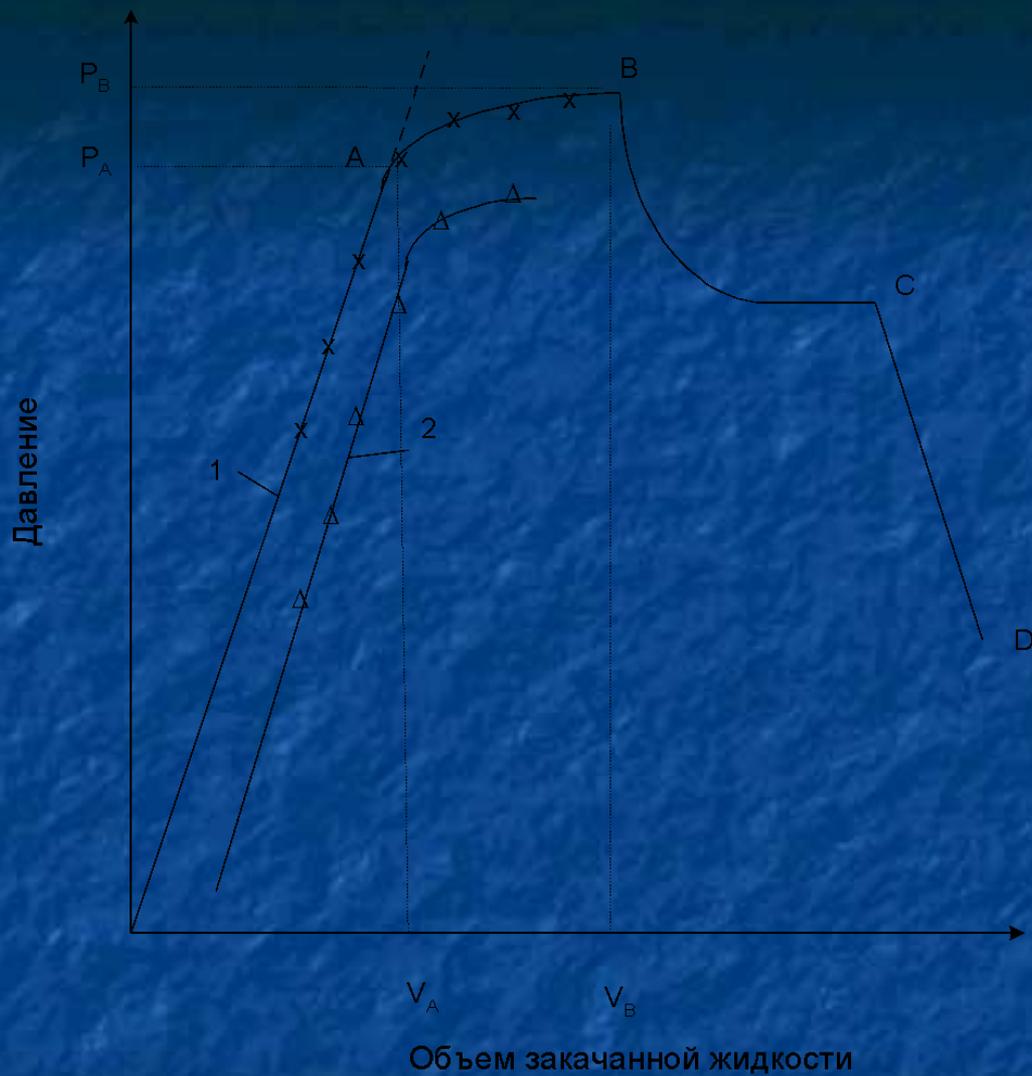
## Формула Сельващюка

$$P_{гр} = P_{пл} + \lambda \cdot (P_z - P_{пл}) + P_c$$

где  $\lambda$  - коэффициент бокового распора горных пород;  $P_c$  - давление, необходимое для преодоления сопротивления скелета горных пород разрыву

## Эмпирическая формула

$$P_{гр} = 0,0083H + 0,66P_{пл}$$



Типовая диаграмма испытания горной породы на прочность методом опрессовки:  
 1- давление нагнетания; 2- статическое давление  
 А- начало поглощения бурового раствора; В- гидроразрыв пласта; ВС- распространение трещин в породе; CD- падение давления после прекращения закачки.

## ■ Гидродинамическое давление ( $P_{гд}$ )

При промывке скважины

$$P_H = \Delta P_o + \Delta P_{бк} + \Delta P_{зд} + \Delta P_{д} + \Delta P_{кп}$$

При цементировании скважин

$$P_{ца} = \Delta P_{он} + \Delta P_{от} + \Delta P_{кп}$$

Где:  $\Delta P_{он}$  - потери давления в наземной обвязке;  $\Delta P_{от}$  - в обсадных трубах;  
 $\Delta P_{кп}$  - в кольцевом пространстве

При ликвидации нефтегазоводопроявлений

$$P_H = \Delta P_o + \Delta P_{бк} + \Delta P_{зд} + \Delta P_{д} + \Delta P_{кп} + \Delta P_{ош} + \Delta P_{ш}$$

где  $\Delta P_{ош}$  - потери давления в отводном канале (от задвижки устья скважины до регулируемого штуцера);  
 $\Delta P_{ш}$  - потери давления на регулируемом штуцере.

При спуско-подъемных операциях

## ■ Забойное давление ( $P_{\text{заб}}$ )

при циркуляции жидкости

$$P_z = P_{гс} + \Delta P_{кп}$$

При подъеме бурильной колонны

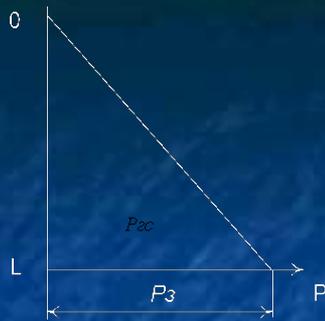
$$P_z = P_{гс} - \Delta P_{нд} - \Delta P_{ф} - \Delta P_{нд}$$

где  $\Delta P_{дп}$  - гидродинамическое давление под долотом;  
 $\Delta P_{ф}$  - снижение забойного давления в результате фильтрации, контракции, седиментации и температурных изменений;  
 $\Delta P_{нд}$  - снижение давления за счет недолива скважины.

При спуске бурильной колонны

$$P_z = P_{гс} \pm \Delta P_{гд} - \Delta P_{ст}$$

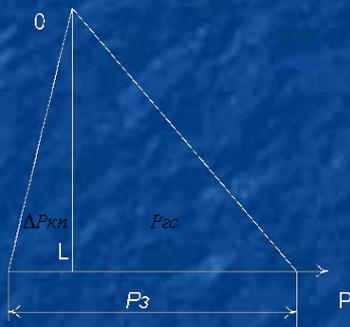
где  $\Delta P_{гд}$  - температурные изменения гидростатического давления бурового раствора



### Состояние статическое:

скважина открыта, циркуляция бурового раствора отсутствует. Забойное давление равно гидростатическому давлению

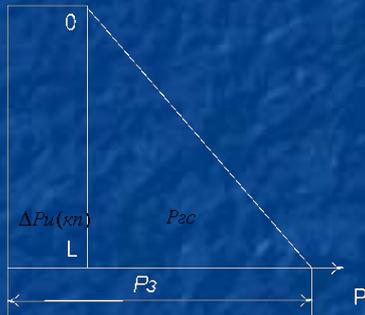
$$P_з = P_{гс}$$



### Динамическое состояние:

Скважина открыта, идет циркуляция бурового раствора. Забойное давление равно сумме гидростатического давления и потерям давления в кольцевом пространстве

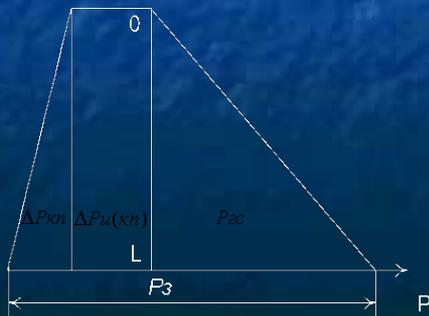
$$P_з = P_{гс} + \Delta P_{кп}$$



### Статическое состояние:

Скважина закрыта. Имеется избыточное давление в кольцевом пространстве при ГНВП. Забойное давление равно сумме гидростатического давления и избыточного давления в кольцевом пространстве.

$$P_з = P_{гс} + \Delta P_{и(кп)}$$



### Динамическое состояние:

Скважина закрыта. Идет процесс вымывания поступивших в скважину флюидов. Забойное давление равно сумме гидростатического, избыточного и потерям давления в кольцевом пространстве.

$$P_з = P_{гс} + P\Delta P_{и(кп)} + \Delta P_{кп}$$