



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Фильтрационные свойства буровых растворов

Курс «Буровые технологические жидкости»

Лекция 4

доц., канд. хим. наук

Минаев Константин Мадестович

8 апреля
2017



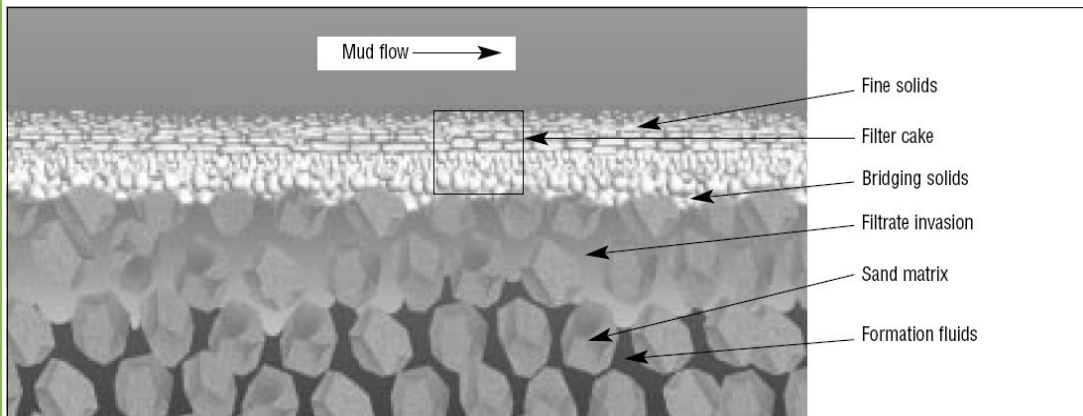
Столб бурового раствора, заполняющего скважину, создает гидростатическое давление, которое, как правило, превышает давление пластовых флюидов, находящихся в порах горных пород. Поскольку все горные породы в той или иной мере проницаемы, то при вскрытии их бурением под воздействием перепада давления происходит проникновение дисперсионной среды бурового раствора в околоствольное пространство.

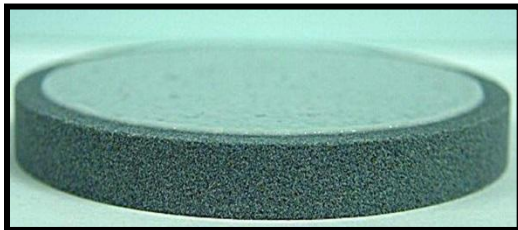
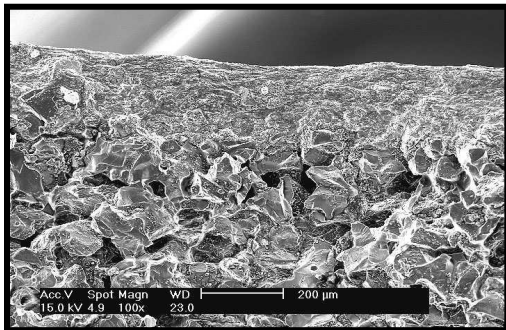
Поток дисперсионной среды перемещает частицы твердой фазы в направлении стенок скважины и если эти частицы имеют критический размер (примерно равный **1/3 размера пор**), то они застревают в суженных горловинах входа в поры и закупоривают их.

Основной функцией бурового раствора является изоляция проницаемых пород и регулирование фильтрации.



Как только происходит закупорка, в поровом пространстве задерживаются и самые мелкие частицы твердой фазы, которые откладываются на стенках скважины, образуя **фильтрационную корку**, через которую в околоствольное пространство поступает только **фильтрат**.





СОСТАВ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ КОРКИ

- **КОЛЬМАТАНТ** (Глина, карбонат кальция)
- **РЕГУЛЯТОР РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ** (ксантановая смола)
- **ПОНИЗИТЕЛЬ ФИЛЬТРАЦИИ** (модифицированный крахмал, ПАЦ НВ)
- **ВЫБУРЕННАЯ ПОРОДА**
- **ДРУГИЕ ДОБАВКИ**



Объем собранного ФИЛЬТРАТА в $\text{См}^3 \times 2$,
(в статическом состоянии) при 100 psi (7 кг/см²)
30 мин температуре окружающей среды
3,75 кв.дюймов площадь. Лист ватмана #50



Объем собранного ФИЛЬТРАТА в См^3 ,
(в статическом состоянии) при 100 psi (7 кг/см²)
30 мин температуре окружающей среды
7,5 кв.дюймов площадь. Лист ватмана #50



АНИ (стандарт) НРНТ

Объем собранного ФИЛЬТРАТА в $\text{См}^3 \times 2$, (в статическом состоянии) при 30 минут

149°C

3,75 кв.дюймов. Лист ватмана #50

500 psi (35 $\text{кг}/\text{см}^2$)– Перепад давления

600 psi – верхний регулятор давления

100 psi - нижний регулятор давления



Figure 8: HTHP filter press (API #1 style) (disassembled).



Фильтр-пресс ВТВД с
керамическими дисками



Потенциальные проблемы, вызываемые излишней толщиной фильтрационной корки:

1. Сужения ствола, ведущие к увеличению затяжек
2. Увеличение поршневания и свабивования за счет снижения кольцевого зазора
3. Дифференциальный прихват бурильной колонны, происходящий в результате увеличения зоны контакта и быстрого развития сил, ведущих к прилипанию и дальнейшему прихвату бурильной колонны, вызываемых возможным ростом фильтрации
4. Первичные осложнения при цементировании в связи с недостаточным вытеснением бурового и цементных растворов за счет высокопроницаемой фильтрационной корки.
5. Затруднения при спуске обсадной колонны.



В процессе сооружения скважины проявляются два вида фильтрации:

статическая, протекающая при отсутствии циркуляции бурового раствора в скважине;

динамическая, происходящая в условиях циркуляции бурового раствора.

В условиях статической фильтрации, когда буровой раствор неподвижен, скорость фильтрации (объем фильтрата, поступающего на единицу площади пласта в единицу времени) снижается, а толщина фильтрационной корки - увеличивается со скоростью, затухающей во времени.

В условиях динамической фильтрации рост фильтрационной корки ограничен эрозионным (разрушающим) воздействием восходящего потока бурового раствора. Степень эрозии корки зависит от режима течения бурового раствора в кольцевом пространстве (ламинарный, турбулентный) и других факторов.

В момент вскрытия (обнажения) пласта скорость фильтрации высока и фильтрационная корка быстро растет. После того, как скорость роста корки становится равной скорости ее эрозии (разрушения), толщина корки и скорость фильтрации сохраняются постоянными.



- Полностью предупредить фильтрационные потери буровых растворов на водной основе практически невозможно, их можно только минимизировать.
- Это достигается:
 - ✓ **увеличением** в буровом растворе **доли прочносвязанной воды**, которая настолько прочно удерживается частицами твердой фазы, что не может быть удалена из бурового раствора даже при огромных давлениях;
 - ✓ **снижением проницаемости** образующейся на стенках скважин **фильтрационной корки**;
 - ✓ **повышением вязкости фильтрата** и, соответственно, повышением сопротивления его движению в поровом пространстве и др.



В условиях статической фильтрации, когда буровой раствор неподвижен, скорость фильтрации (объем фильтрата, поступающего на единицу площади пласта в единицу времени) снижается, а толщина фильтрационной корки - увеличивается со скоростью, затухающей во времени.

В условиях динамической фильтрации рост фильтрационной корки ограничен эрозионным (разрушающим) воздействием восходящего потока бурового раствора. Степень эрозии корки зависит от режима течения бурового раствора в кольцевом пространстве (ламинарный, турбулентный) и других факторов.

В момент вскрытия (обнажения) пласта скорость фильтрации высока и фильтрационная корка быстро растет. После того, как скорость роста корки становится равной скорости ее эрозии (разрушения), толщина корки и скорость фильтрации сохраняются постоянными.



- **Механизм действия реагентов - понизителей фильтрации (полимеров):**
 - ✓ **уменьшение свободного пространства между твердыми частицами в фильтрационной корке**, которое занимают молекулы полимера, имеющие достаточно большие размеры;
 - ✓ **повышение вязкости фильтрата;**
 - ✓ **уменьшение объема свободной дисперсионной среды (воды)** за счет присоединения её молекулами полимера, несущими собственные гидратные оболочки.



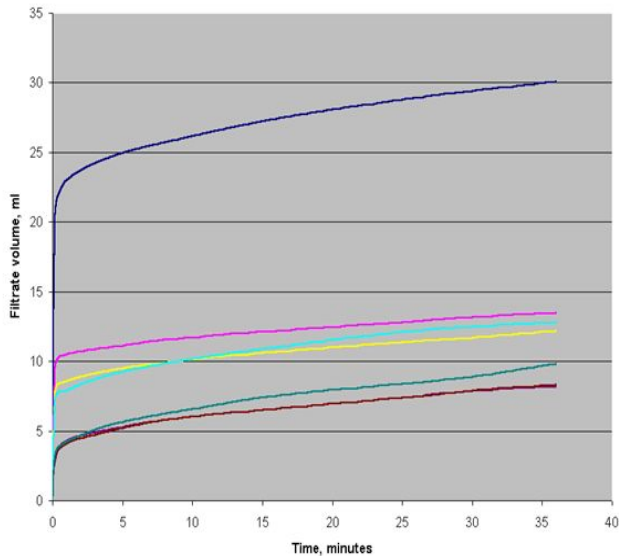
- Проницаемость пород составляет $0.01 - 1 \text{ мкм}^2$, а глинистой корки всего $\pm 1 \text{ нм}^2$

Объем динамической фильтрации примерно в 19 раз больше статической за тот же промежуток времени.

Так, при 20 град. Цельсия и статической фильтрации = $4 \text{ см}^3/30 \text{ мин}$ динамическая фильтрация будет равна $76 \text{ см}^3/30 \text{ мин}$ (Лит. данные).



Filtration analysis on aloxite discs



МГНОВЕННАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ

Это проникновение мельчайших частиц через фильтр, прежде чем произойдет закупоривание его пор при времени фильтрации близкому к «0» (1-2 секунды). При бурении мгновенная фильтрация будет весьма большой, особенно в проницаемых породах, и при отсутствии в растворе мельчайших частиц может произойти прихват инструмента.



Факторы влияющие на скорость фильтрации

- **Время**
- **Температура**
- **Давление**
- **Состояние твердой фазы в растворе:**
 - Тип
 - Гидратация
 - Дефлокуляция и дисперсия
- **Пористость, проницаемость породы**
- **Гранулометрический состав кольтманта**



$$Q_1 = Q_{1\text{мин}} \sqrt{\frac{T_{\text{ин}}}{T_{\text{ин}}}} = (\quad^3 / \quad^2 \quad)$$

- Перевод фильтрации за любое количество времени в фильтрацию / за 30 минут
- Для перевода величины фильтрации за (X) мин в фильтрацию за 30 минут (по стандарту АНИ) необходимо воспользоваться данной формулой.

Пример: 4,8 см³ за 7,5 мин, какова фильтрация за 30 мин

$$(4.8 \text{ см}^3) \times \sqrt{\frac{30 \text{ мин}}{7.5 \text{ мин}}} = 9.6 \text{ см}^3$$



Повышение температуры может привести к флокуляции глин за счет:

- изменения ионного окружения глинистой частицы,
- увеличения растворимости примесей
- Физико-химические изменения составляющих бурового раствора

Давление

- Усиление процесса осаждения на корку глинистых частиц
- Сжимаемость фильтрационной корки

Пористость

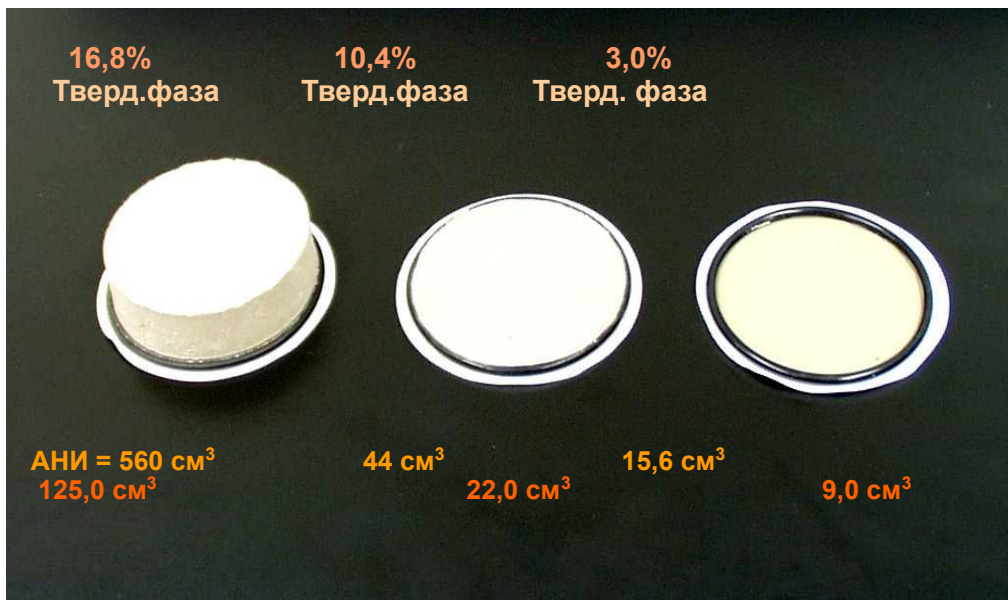
Объемная доля пласта, незаполненная твердой фазой.

Пористость бывает двух видов:

- Абсолютная - объем породы, свободный от твердых частиц.
- Эффективная – сообщающиеся поровые пространства

Проницаемость

Способность пласта пропускать раствор через сообщающиеся поровые пространства

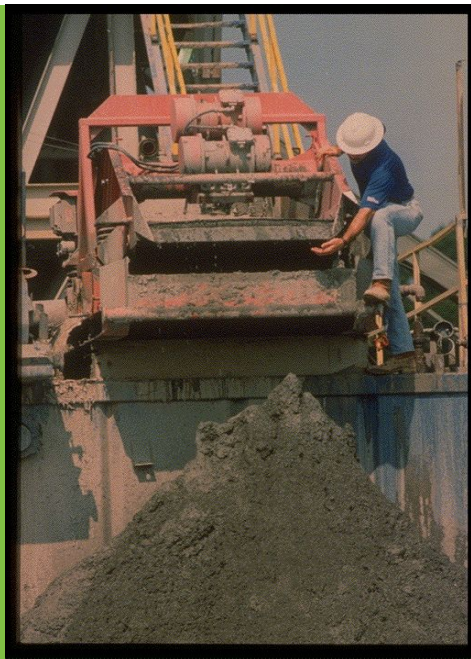




На практике следует придерживаться правила, в соответствии с которым **соотношение выбуренная порода/бентонит** не должна превышать **2:1**, т.е. на каждый кг бентонита должно приходиться не более 2 кг выбуренных твердых частиц.

Определяют количество Твердой фазы с помощью показателя МВТ (по метиленовому синему)

Утяжелители чаще всего благоприятно влияют на процесс снижения фильтрации БР. Утяжелители не повышают сжимаемость корки, но часто, в силу особенностей гранулометрического состава, они способствуют первичному образованию мостиковых связей и закупорке порицаемых пород.



Поддержание процентного содержания выбуренной породы в растворе путем разбавления бурового раствора.

- При бурении верхних интервалов допустимо содержание $T\Phi$ = до 15%:
- При бурении под технические колонны $T\Phi=10\%$
- При бурении под эксплуатационную колонну $T\Phi=6\%$
- При вскрытии продуктивного пласта $T\Phi=2-4\%$



Твердая фаза, образующаяся в процессе бурения

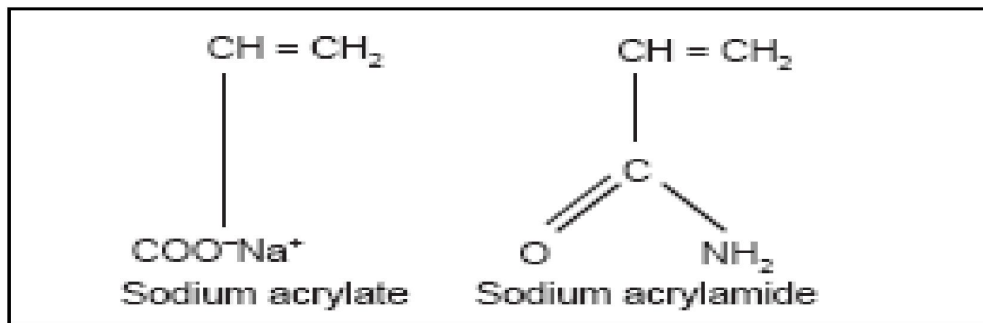
- Ствол скважины диаметром 444,5 мм пробурен до глубины 1000 м = 155 м^3
- Диаметр ствола 311 мм - 1000 до 3000 м = 152 м^3
- Диаметр ствола 250,8 мм - 3000 до 5000 м = 98 м^3
- ИТОГО = **405 м^3** необходимо удалить!

Плотность твердой фазы принимается за $2,6 \text{ г/см}^3$ или 2600 кг/м^3

- Из этого:
 $(2600 \text{ кг/м}^3) \times (405 \text{ м}^3) = \mathbf{1053000 \text{ кг (1053 тн)}}$ выбуренной породы



Полимеры, входящие в состав раствора, капсулирующие выбуренные частицы



Материалы, подавляющие гидратацию глин



- Глины

- Полимеры

- Химические разжижители



- **Полимеры**

- Связывание свободной воды в растворе
- Закупоривание поровых пространств в глинистой корке и породе
- Придание вязкости фильтрату
- Капсулирование (создание пленки на поверхности ствола скважины)



- **Химические разжижители**
 - Адсорбция реагента на поверхности глинистых частиц
 - Диспергирование



Выбор материалов, регулирующих водоотдачу

Факторы, которые следует учитывать:

- Можно ли использовать данные материалы в присутствии КАЛЬЦИЯ?
- Можно ли их использовать при высокой минерализации раствора?
- Устойчивы ли они к воздействию существующей или ожидаемой ТЕМПЕРАТУРЫ?
- Нуждается ли раствор в дополнительной обработке реагентами, предотвращающими гидролиз или био-разложение?



- Могут ли данные материалы способствовать РОСТУ ВЯЗКОСТИ?
- Улучшают ли они седиментационные характеристики раствора?
- Не слишком ли велика СТОИМОСТЬ материала для использования в данном конкретном случае?
- Является ли продукт НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫМ при данных обстоятельствах?



- Могут ли данные материалы способствовать РОСТУ ВЯЗКОСТИ?
- Улучшают ли они седиментационные характеристики раствора?
- Не слишком ли велика СТОИМОСТЬ материала для использования в данном конкретном случае?
- Является ли продукт НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫМ при данных обстоятельствах?

**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**