

# Измерение проницаемости и других параметров грунтовых жидкостей

Исследование геологии II

26-27 июля 2017

Йен Грэй



# Зачем измерять параметры подземных жидкостей

## ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ

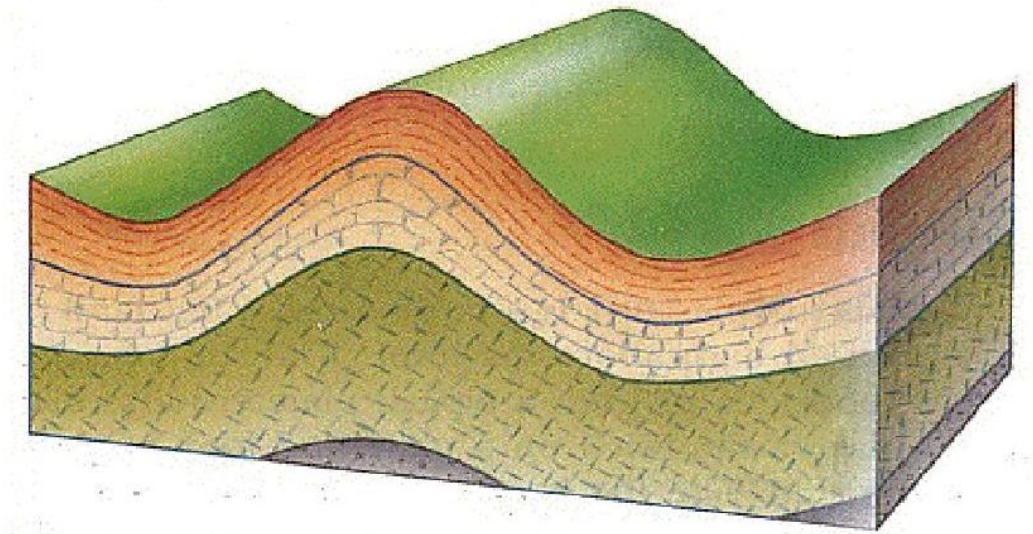
- Свойства грунтовых вод - устойчивость
- Необходимость осушения - расход / норма стока
- Величина и степень водопонижения - **жильё**, запасы
- Загрязняющие вещества и их удаление
- Водоснабжение - количество, расход

## НЕФТЬ

- Оконтурировать запасы, вычислить схему отработки

# Необходимость понимать геологию

- Невозможно интерпретировать какие бы то ни было числовые параметры подземных жидкостей, не понимая геологический контекст



# Термины по теме грунтовые жидкости

## Поток

- Проницаемость (длина<sup>2</sup>)
- Гидравлическая проводимость/Коэфф. фильтрации (длина/время)

## Накопление/аккумуляция

- Сжимаемость (коэффициент) (давление<sup>-1</sup>)
- Пористость (трещины)
- Упругоёмкость и удельный сток  
безразмерный (объём/(площадь\* длина))

## Потенциал/гидрогеологический напор/сосущая сила почвы

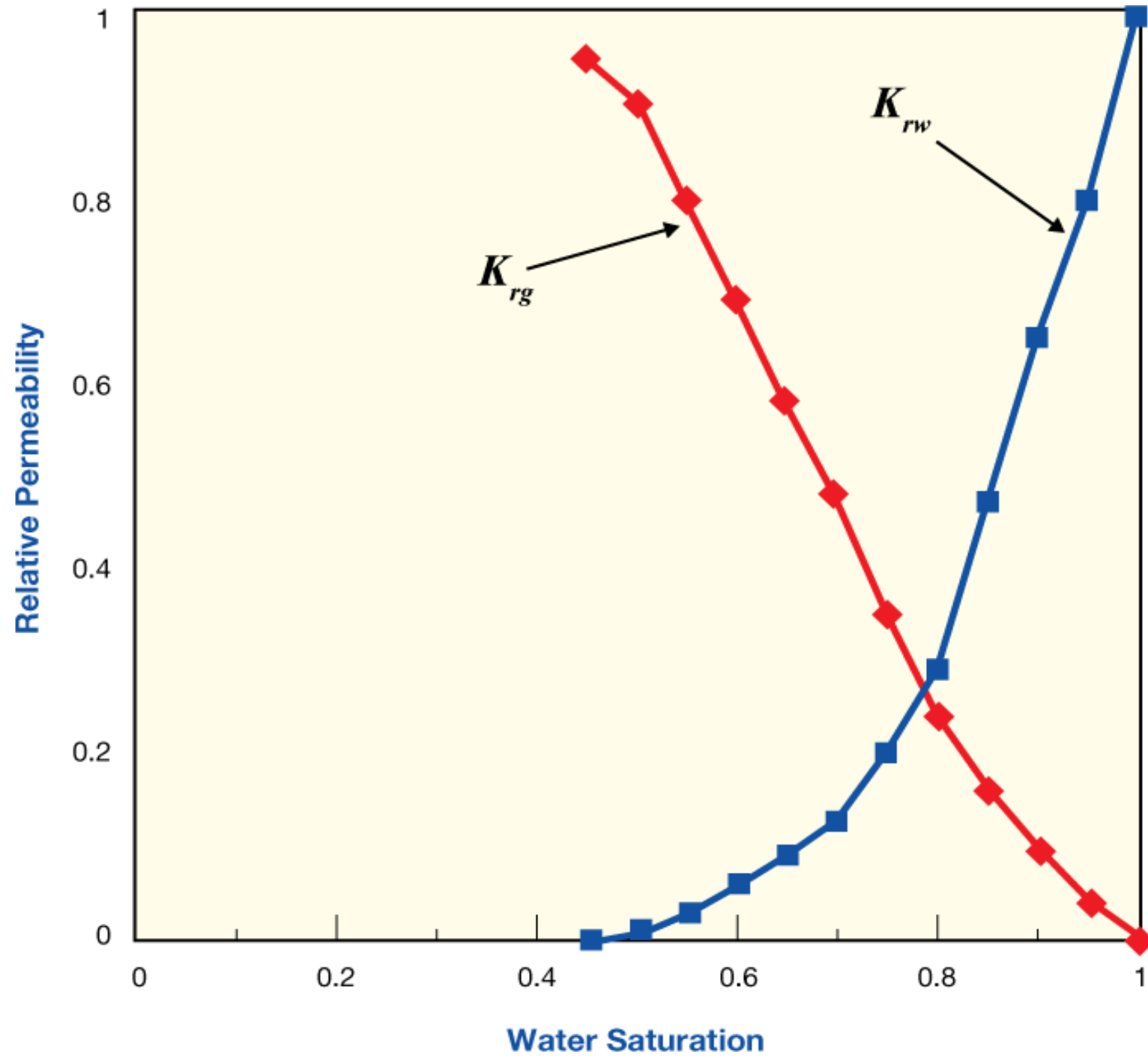
- Давление
- Гидростатический напор

# Ламинарный поток

$$V = - \frac{k}{\mu} \cdot \frac{d\phi}{dx}$$

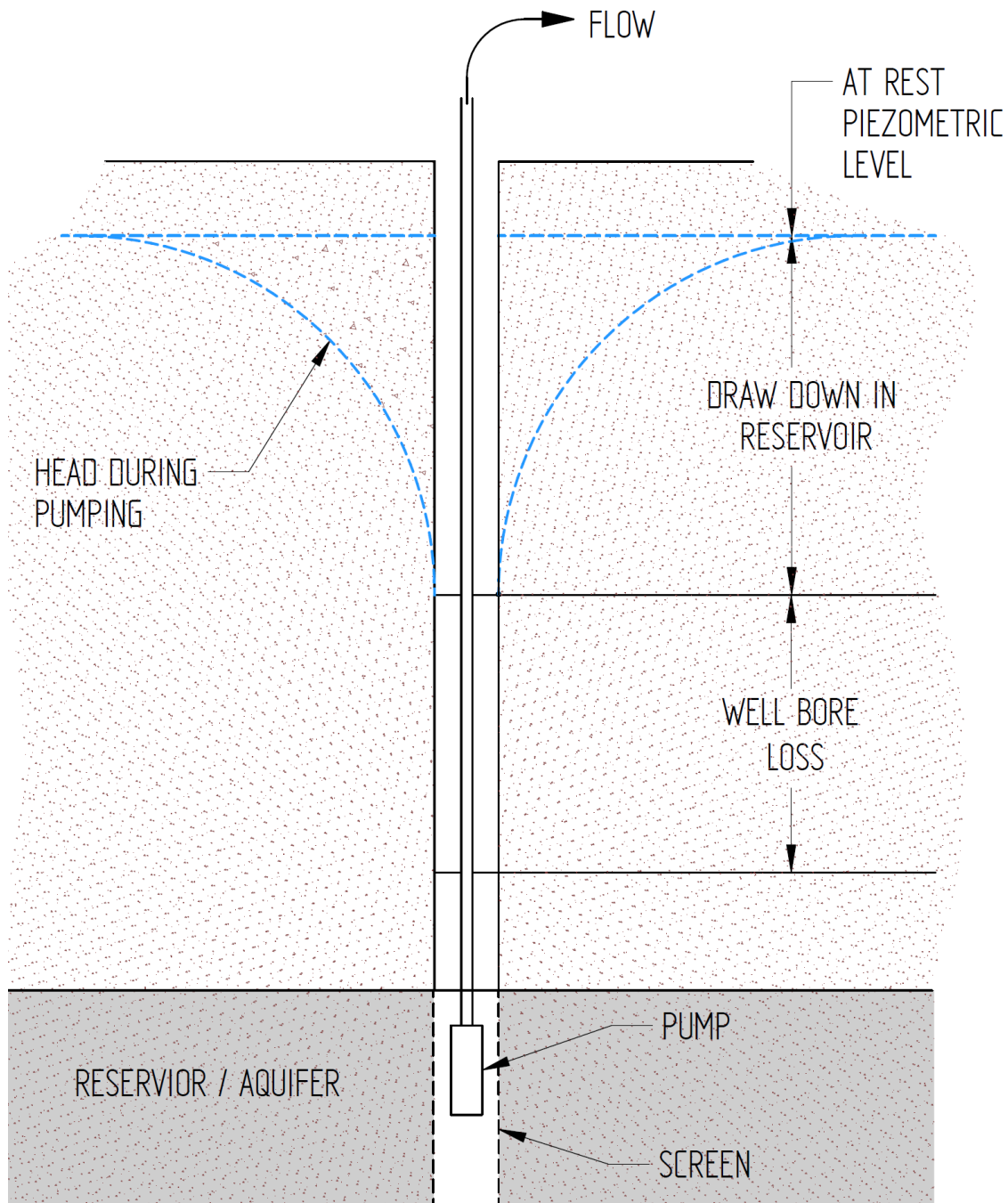
Графики  
относительной  
проницаемости  
для газа и воды

Газ на пути  
воды и вода на  
пути газа



# ЗАИНТЕРЕСОВАННЫЕ ГРУППЫ

- **Гидрогеолог – возможно заинтересуется как водоснабжение зависит от геологии, геофизики; масштабные опытные откачки**
- **Специалист по нефтяным месторождениям – ему нужно как можно больше информации из глубоких скважин и как можно быстрее – диктуют затраты**
- **Строители и горные инженеры – обычно достаточно слабо представляют что собственно нужно**
- **Геолог – нередко остается посередине пытаюсь добиться выполнения необходимого объема работ**



Что происходит  
вокруг  
скважины?



# Опробования одной скважиной

## Могут дать информацию о проницаемости, но не условия **аккумуляции** и не направление фильтрации

- Опытные откачки без пьезометров – **constant rate tests good**
- Опытные закачки – а что собственно закачиваем? Заиливается ствол скважины
- Слаг-тесты\* – закачки с переменной скоростью/напором, практически невозможно проанализировать - **неясно насколько уменьшился диаметр скважины** – ничего хорошего!
- Испытания с использованием пакера – еще хуже! Не учитывается изначальное давление жидкости (напор). Принимается, что состояние стационарное.
- Исследование скважины инструментом, спущенным на бурильной колонне – крайне необходимо. Важные замеры когда отсутствует поток жидкости.

# Метод интерференции-дает информацию о ёмкости и направленной фильтрации

- Пробные откачки с использованием пьезометров (мониторинг давления)

Хорошая практика, но часто дорого

– для того чтобы проектировать, нужно предварительное знание резервуара/водоносного слоя

- Импульс-тест между скважинами – амплитуда и задержка сигнала – нужно готовое колодезное поле
- импульс-тест (гидропрослушивание) инструментом, спущенным на бурильной колонне – идеально для исследований

# Математическая основа для обработки данных испытаний. Расчёт/анализ переходных процессов – ничто не находится в неизменном состоянии

- Уравнение скважины

Давление (напор) – это комплексная функция времени и потока подчиняется экспоненциальному интегралу

- **Log логарифм/геологический разрез**-линеаризация уравнения скважины – подходит для длительных периодов времени,

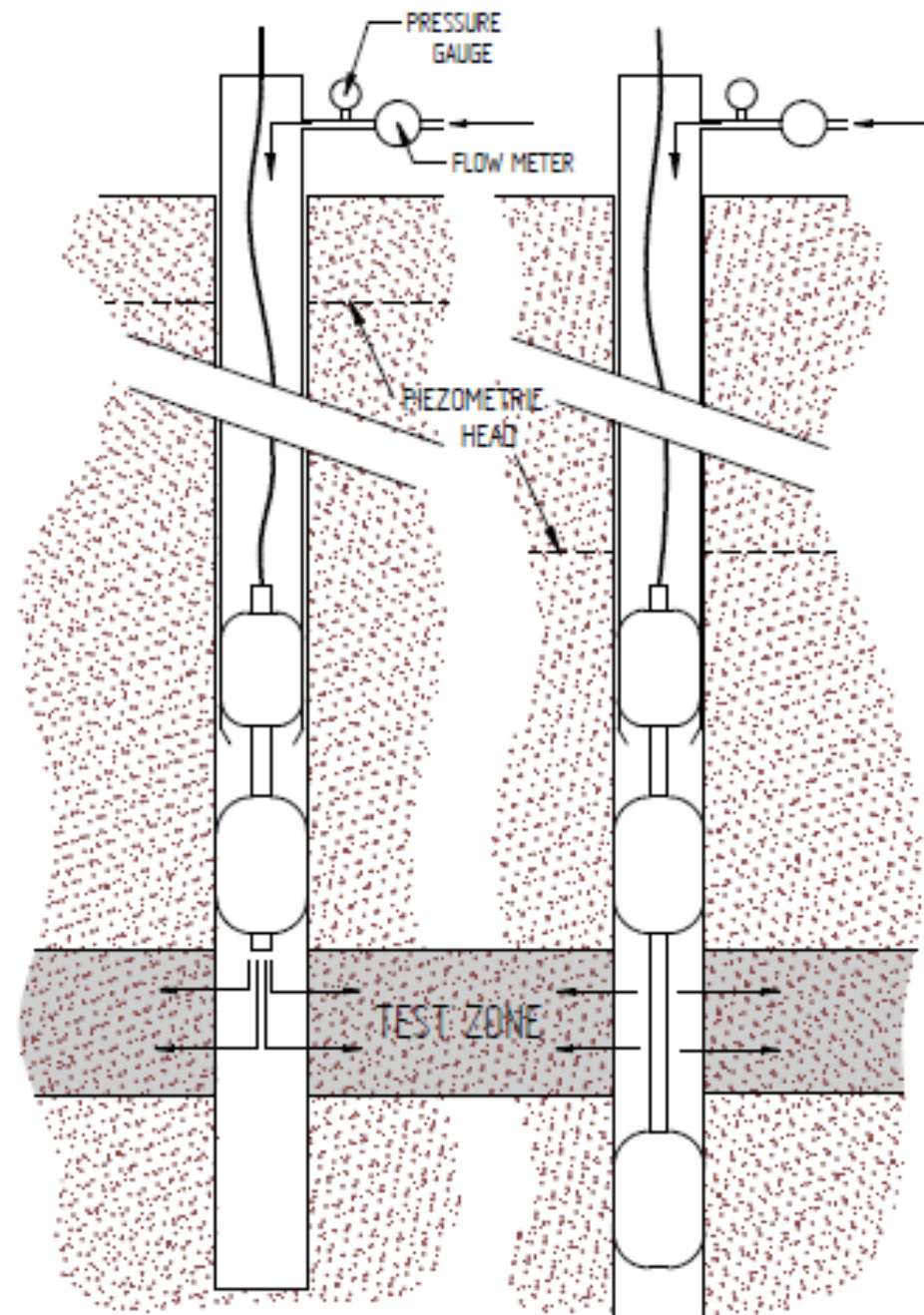
небольших радиусов и незначительных **аккумуляций**

Обычно применяется для анализа в одиночной скважине – малый радиус

Дает прямолинейное понижение vs **log time логарифм времени** для постоянного потока

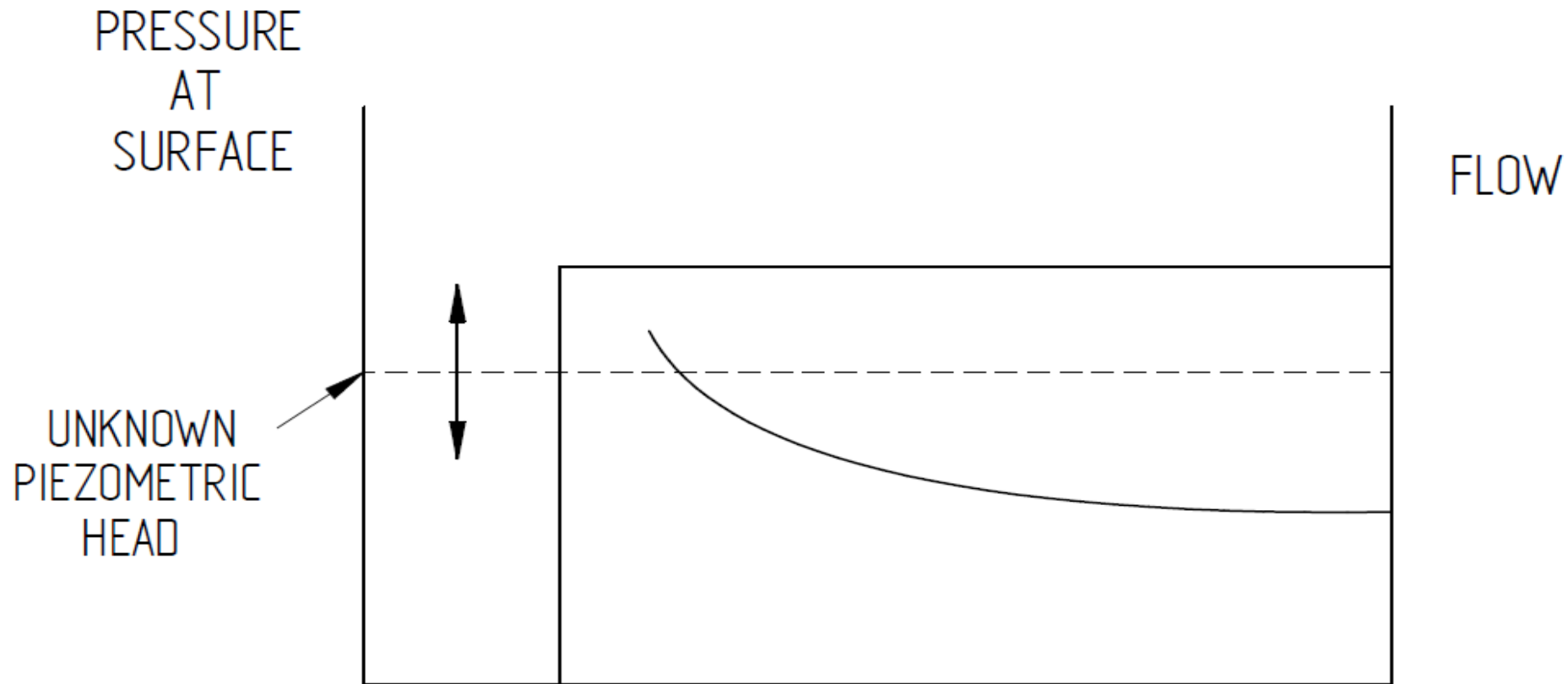
# Типичная процедура проведения испытаний -на строительных объектах и предприятиях горной промышленности

- Пакерные испытания – анализ по методу Люжона – скорость потока/метр скважины при постоянном давлении на поверхности 1 атм (не имеет отношения к проницаемости)
  - Для определения расхода цементного раствора в основании плотины
  - Изначальный напор не принимается во внимание
  - Принимается, что состояние стационарное
  - Наибольшая потеря напора в стволе скважины
- Исследование падения напора в скважине
  - Чаще анализируют для стационарных состояний
  - Теоретически можно анализировать нестационарным образом при условии **постоянной оболочки constant skin (потеря диаметра скважины well bore loss)**. **Потеря диаметра скважины** изменяется под воздействие давления и времени

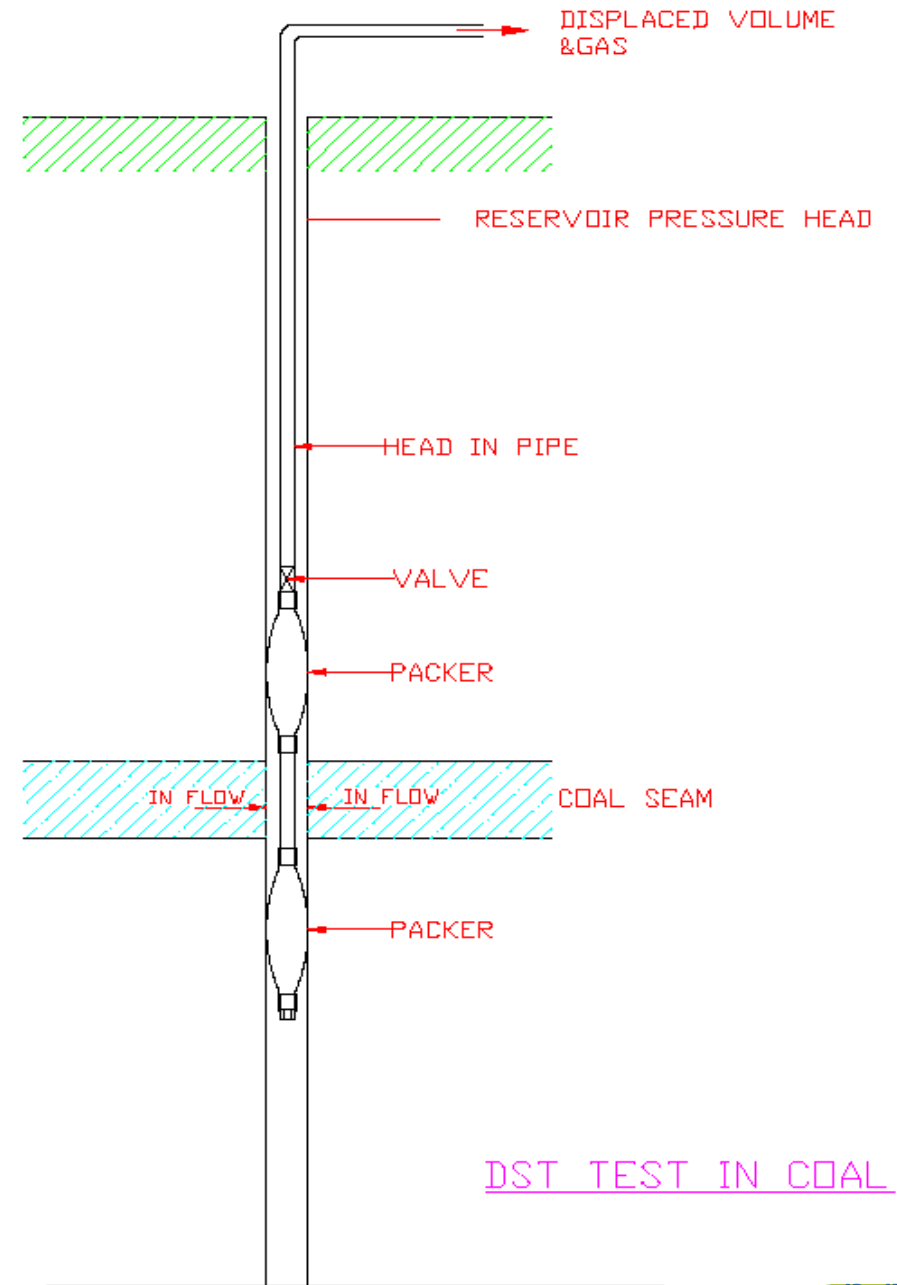


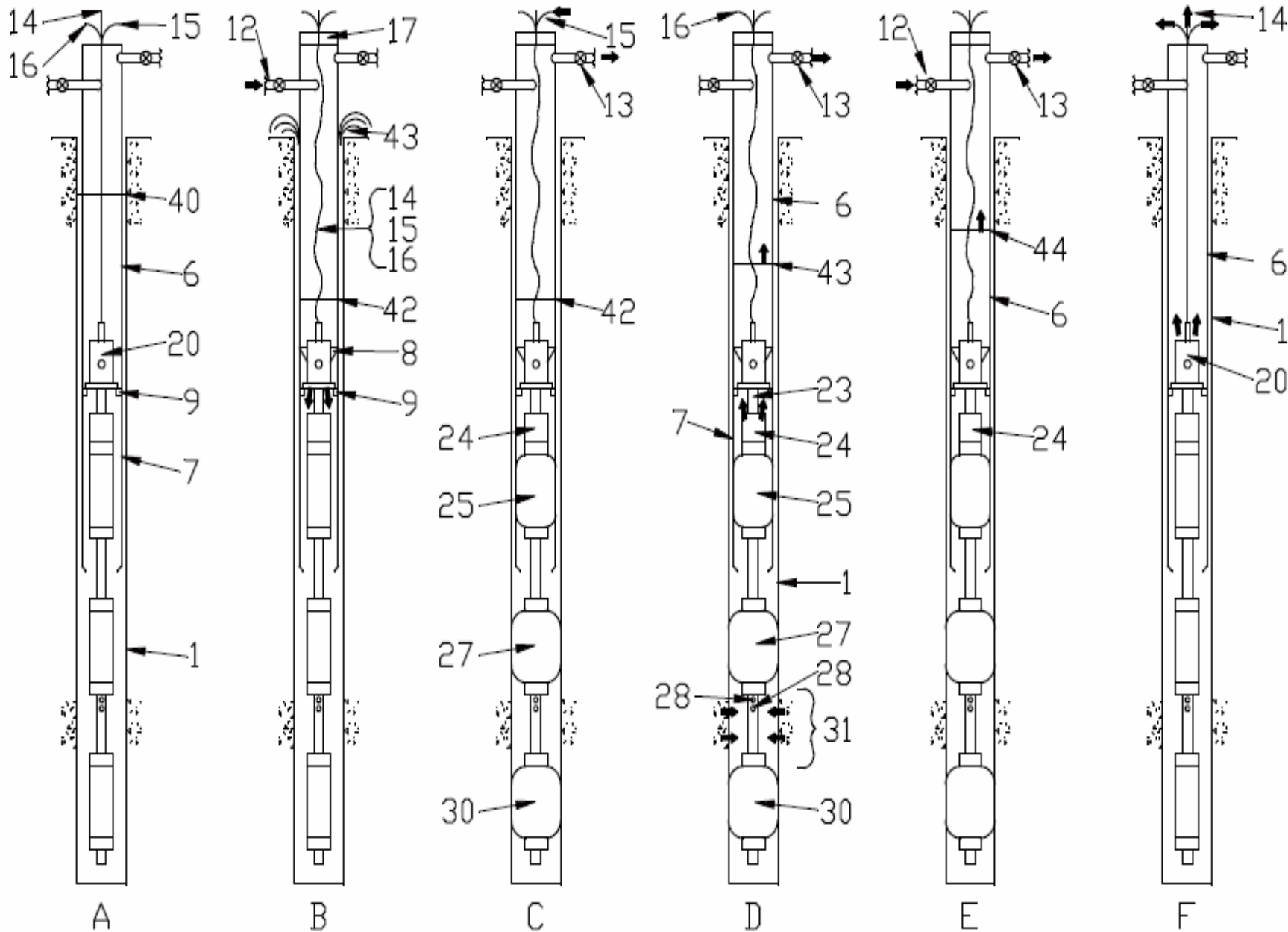
# Испытания с использованием пакера

# Что происходит во время испытания с использованием пакера?



# Установка DST: для получения данных инструментом спускаемым в скважину



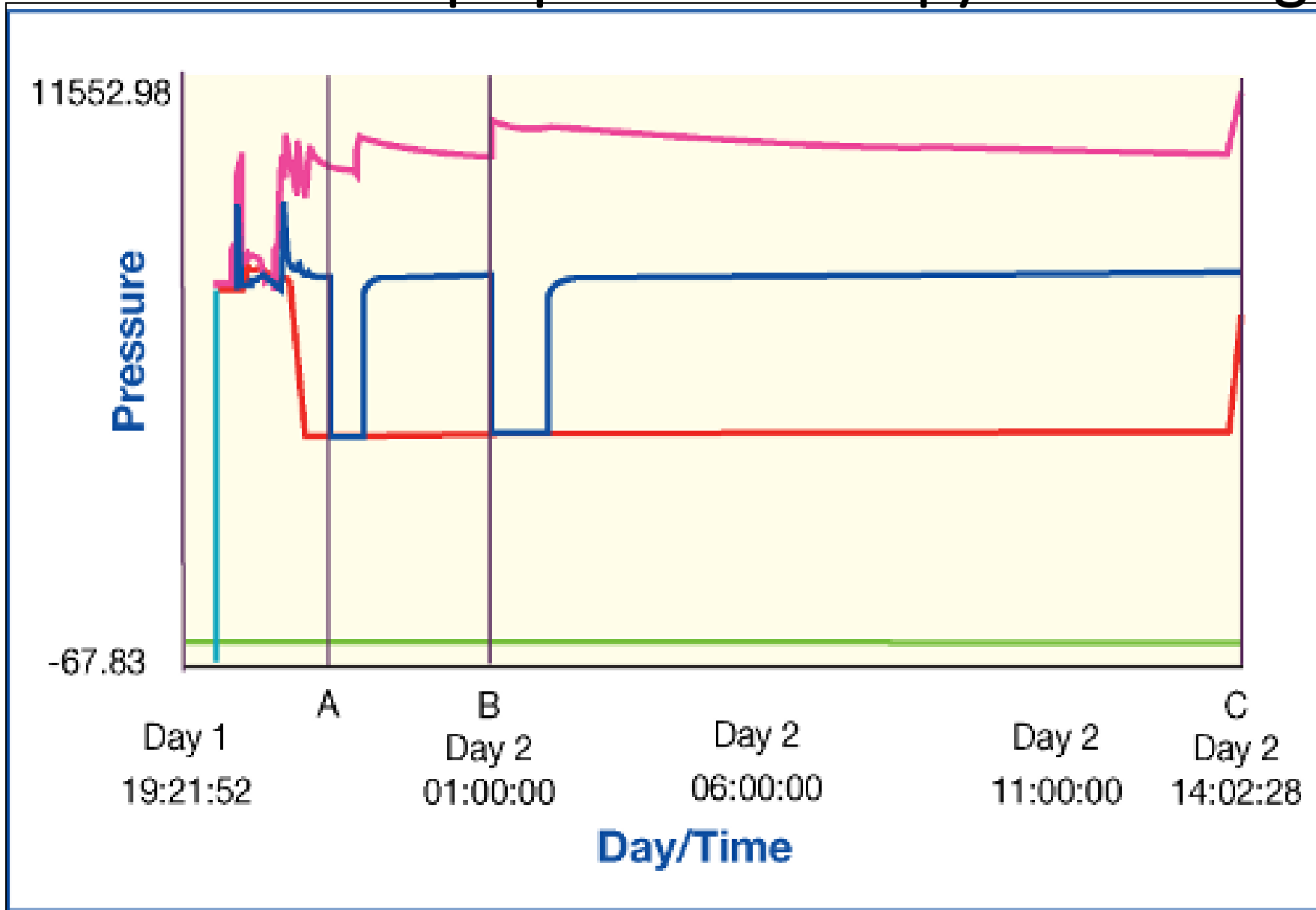


Инструмент  
ИПТ  
(спускаемый  
на  
каротажном  
кабеле)  
*разработчик*  
*SIGRA*



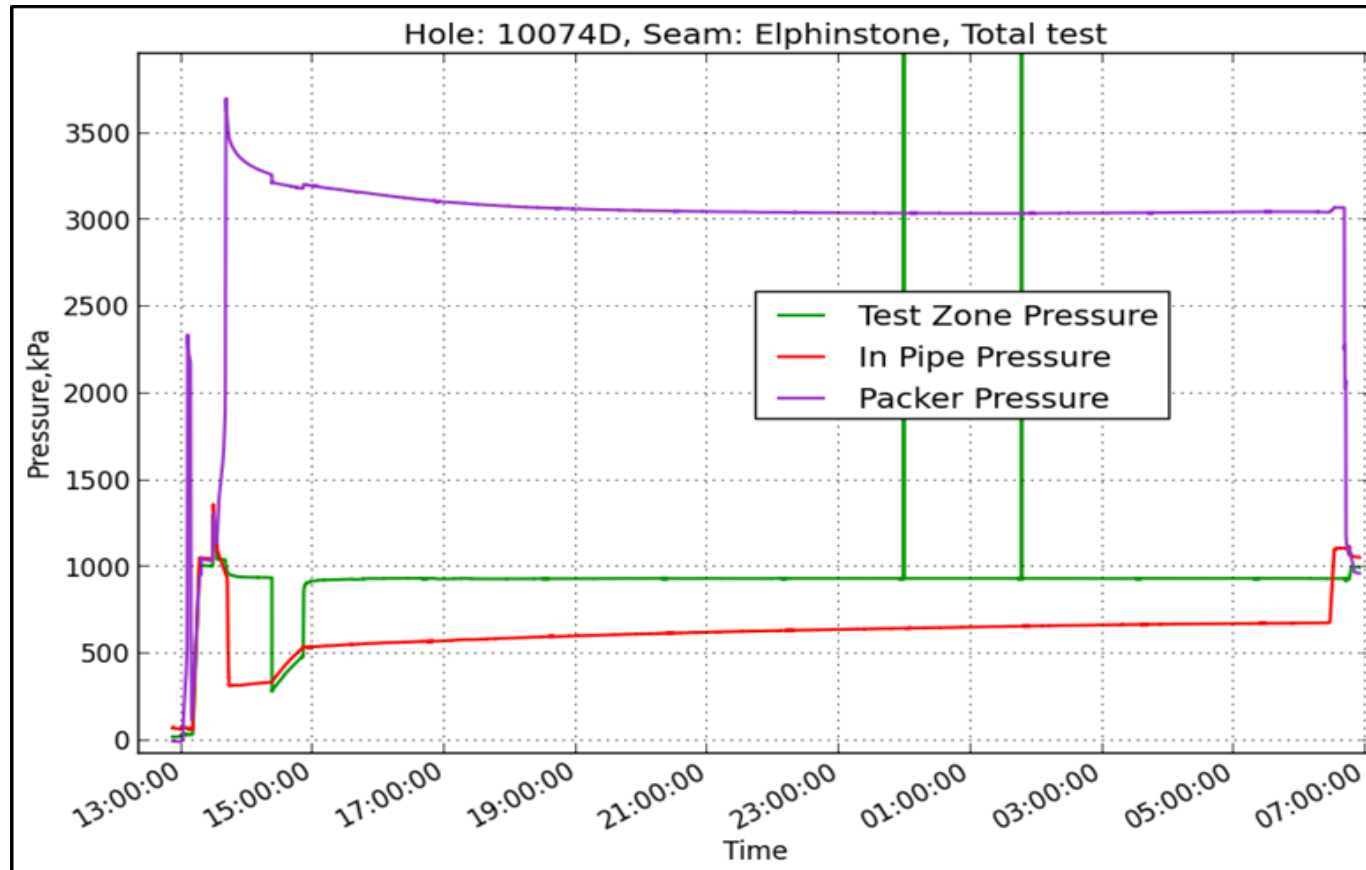


# ИТОГОВЫЙ график ИРТ инструментом Siga



# Итоговые показатели высокой степени проницаемости

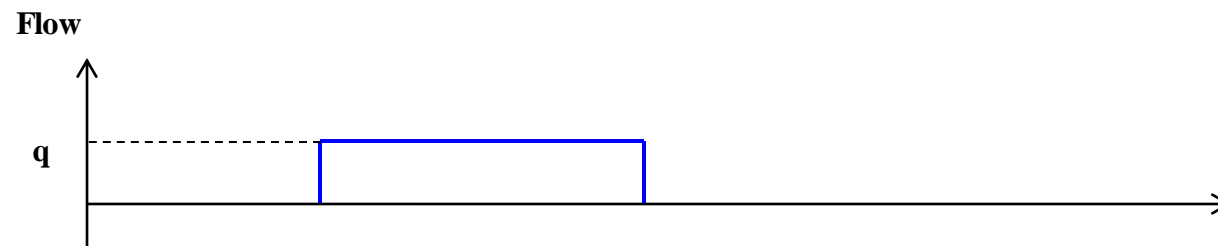
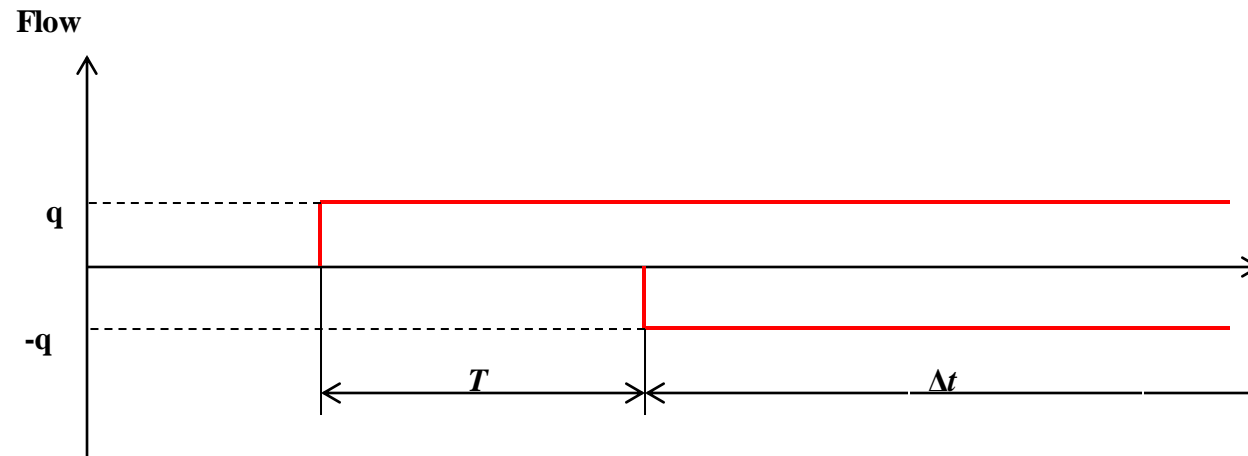
С утечками из бурильной колонны



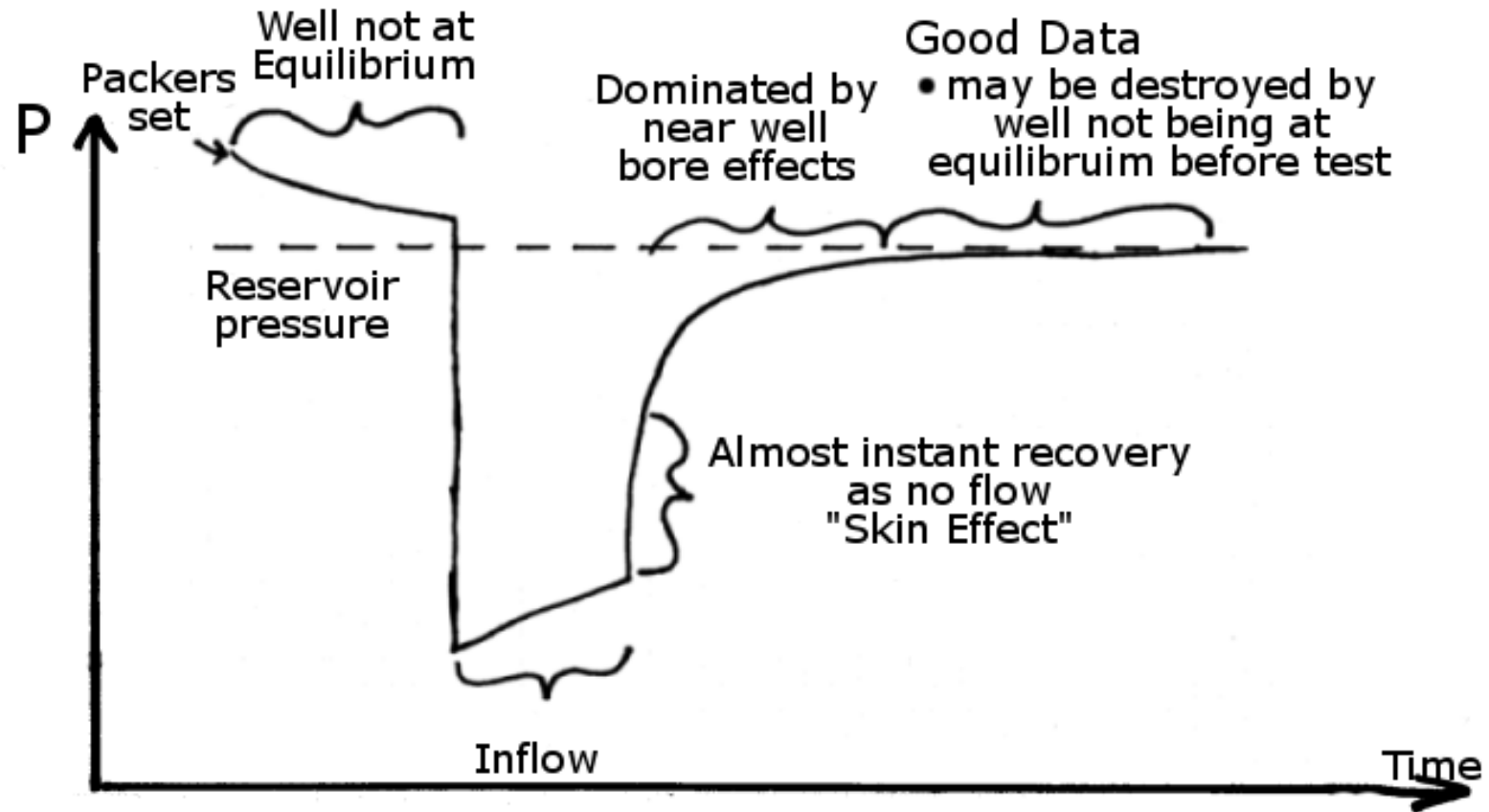
# Анализ ИПТ испытание пластов на трубах

- Основан на времени восстановления, а не на притоке в этот период времени
- Снимает проблемы с **with near well bore loss or skin**
- Снимает проблемы с неравномерным потоком

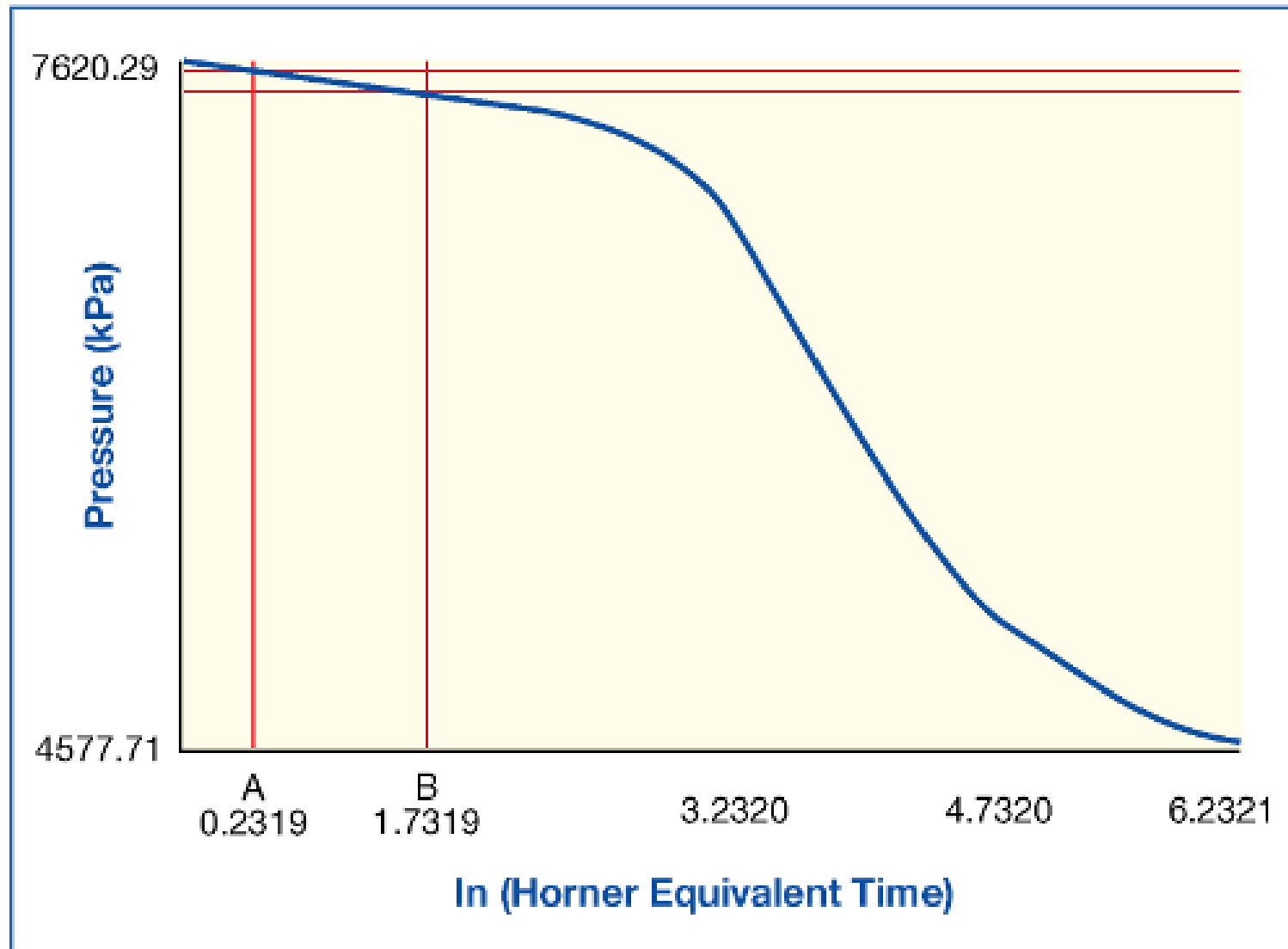
# Концепция суперпозиции ИПТ



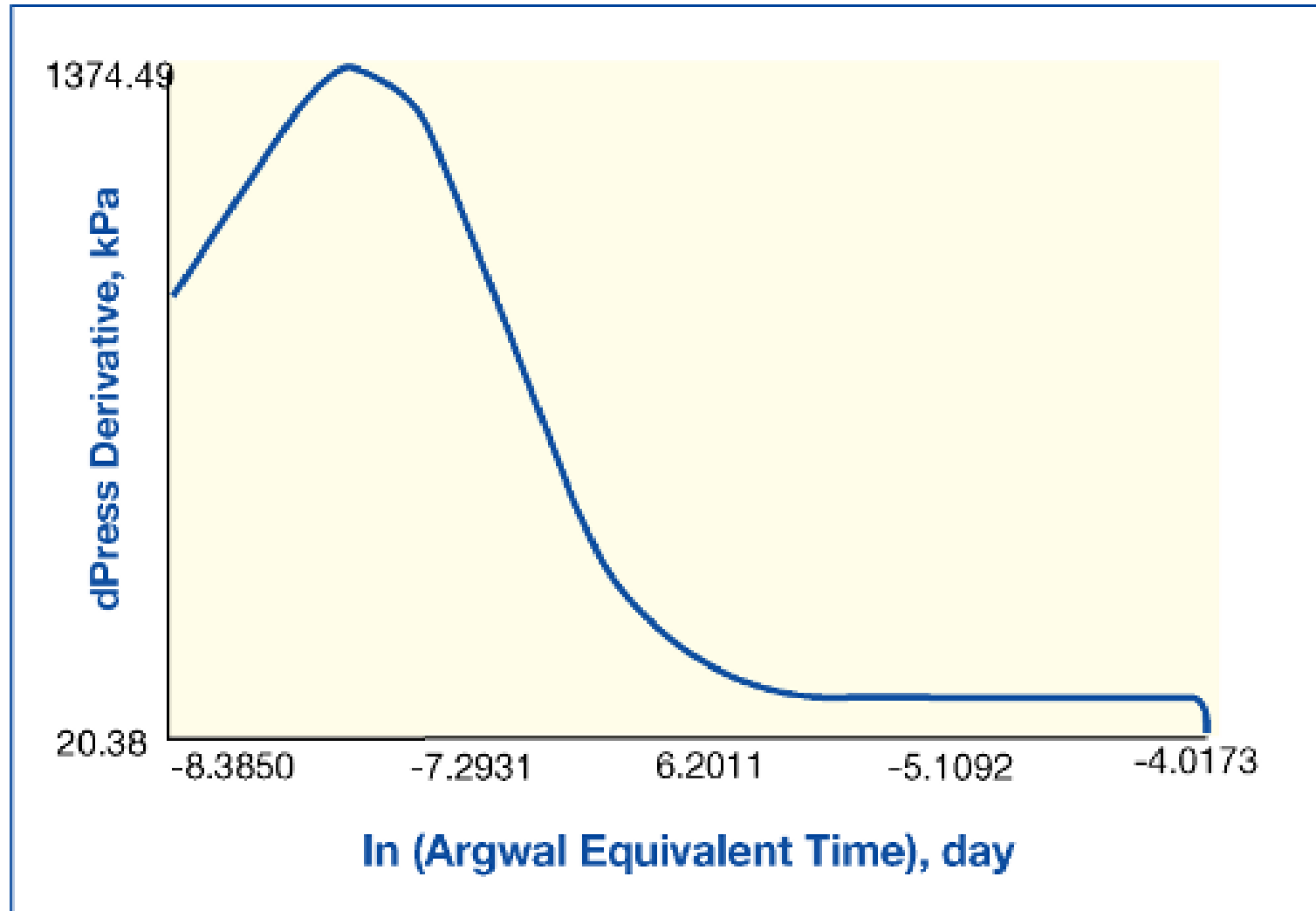
# Реальная картина ИПТ



# График Хорнера



# График дериватива с учетом параметра времени Агарвала



# Установка оборудования на прицепе

Используются новейшие инструменты, спускаемые на каротажном кабеле: зонд HRQ, комплекты ИПТ или другие чувствительные приборы

Можно использовать для накачек

Отображение результатов испытаний в реальном времени  
сравнение **ИТОГОВЫХ** показателей, График  
дерииватива, График Хорнера



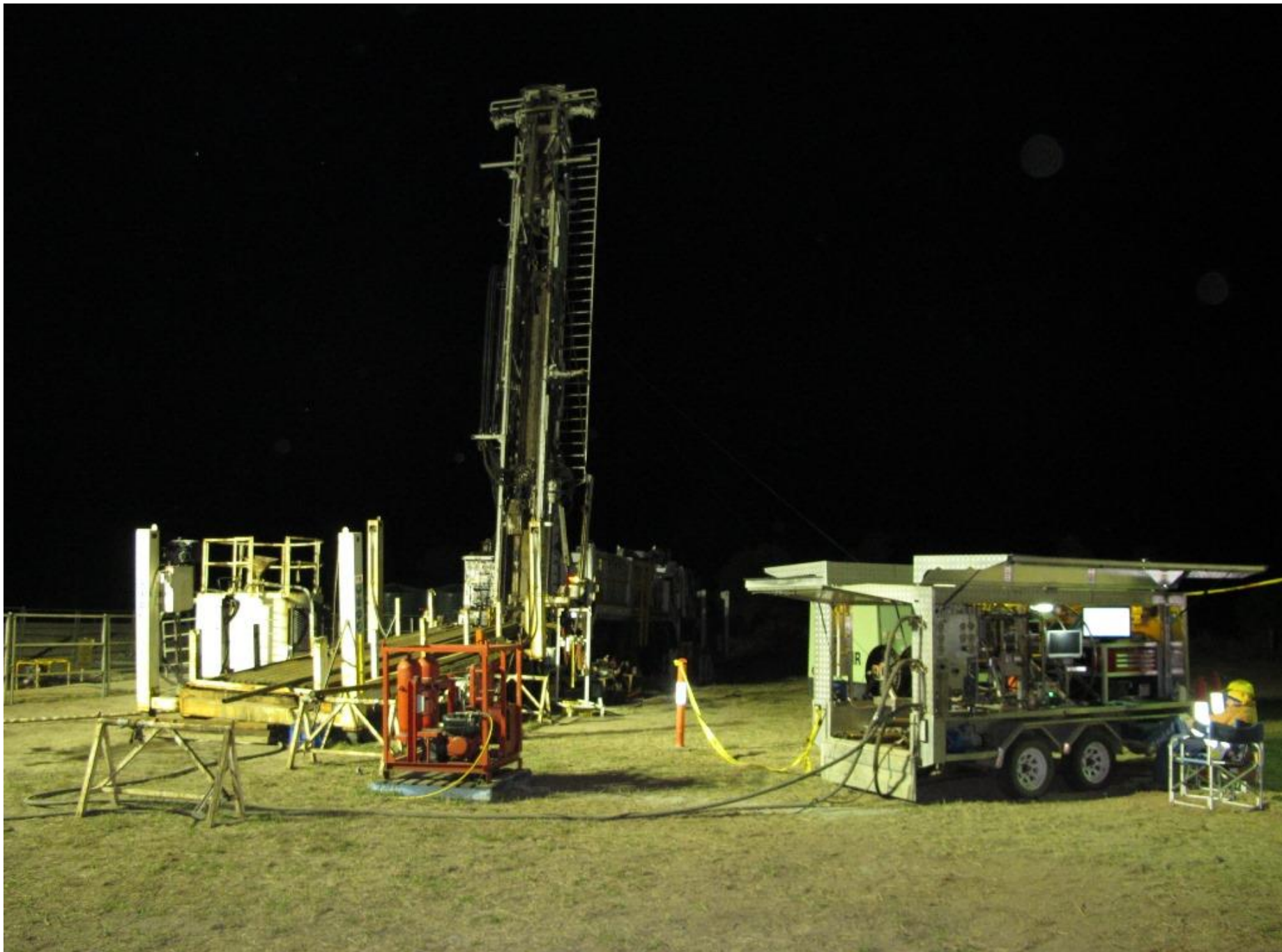




Оборудование  
ИПТ и прицеп



Спуск прибора ИПТ

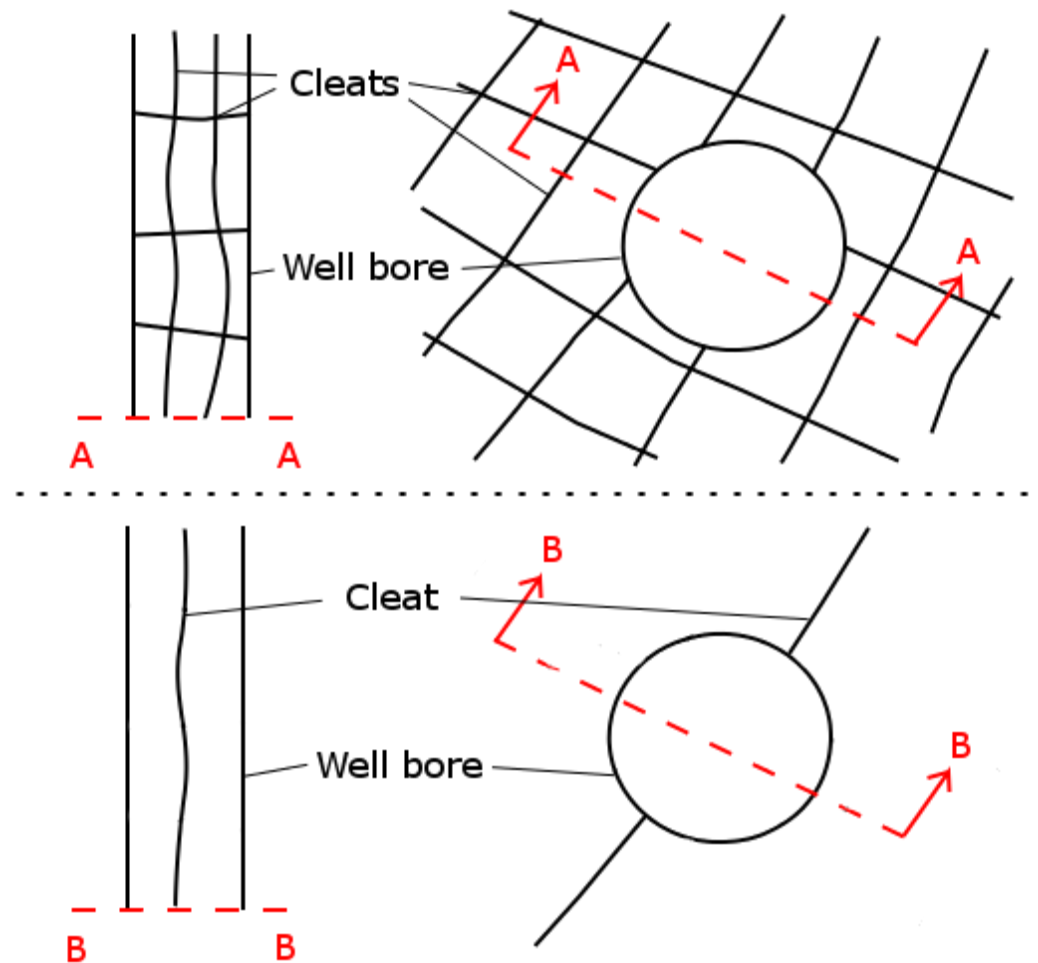


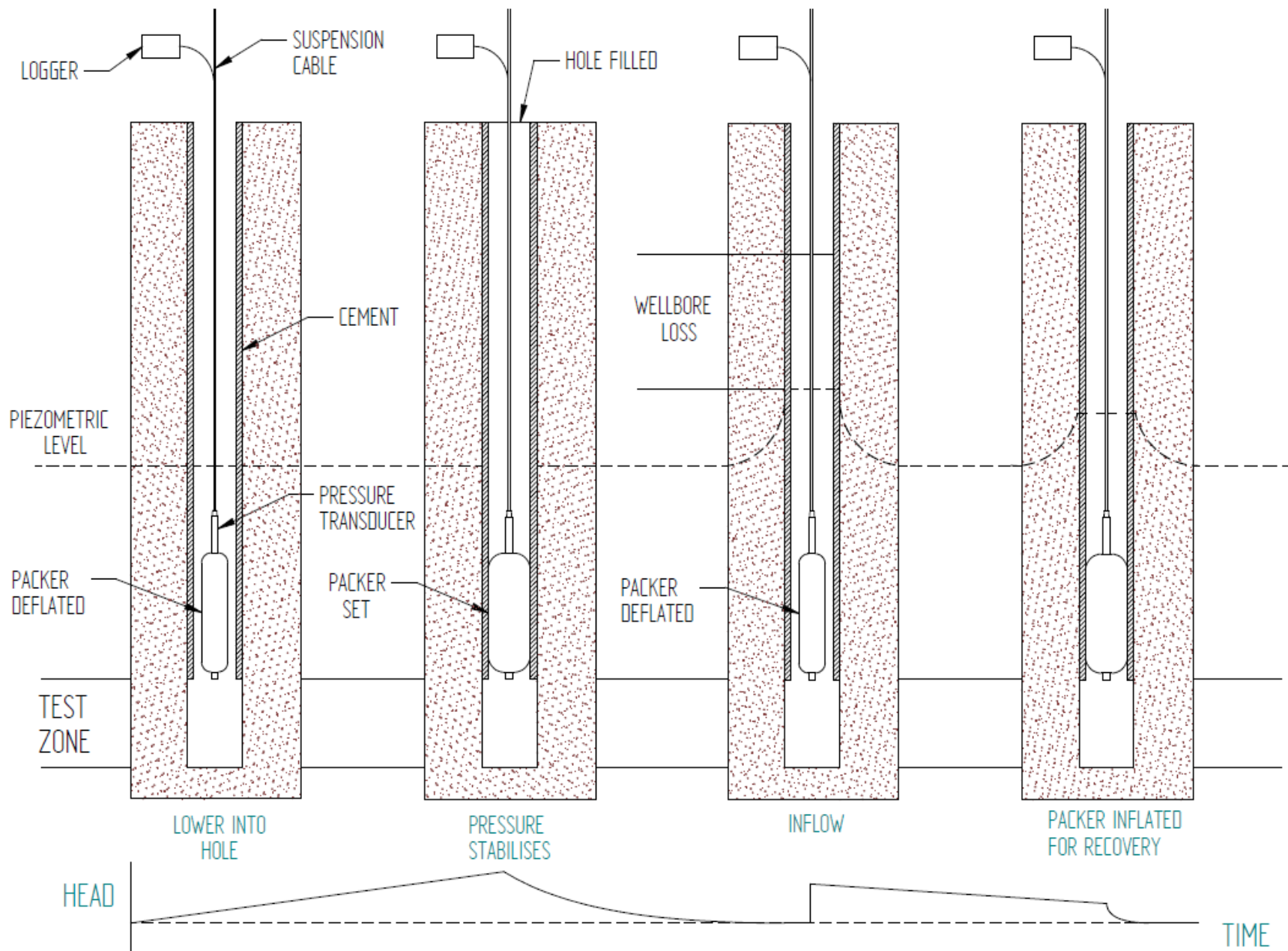
Общий вид  
размещения  
оборудования

# Портативный вариант ИПТ – куб 1,5 м



# Важна связь скважин?





# ИПТ для ПОЧВ

# Полевые замеры проницаемости

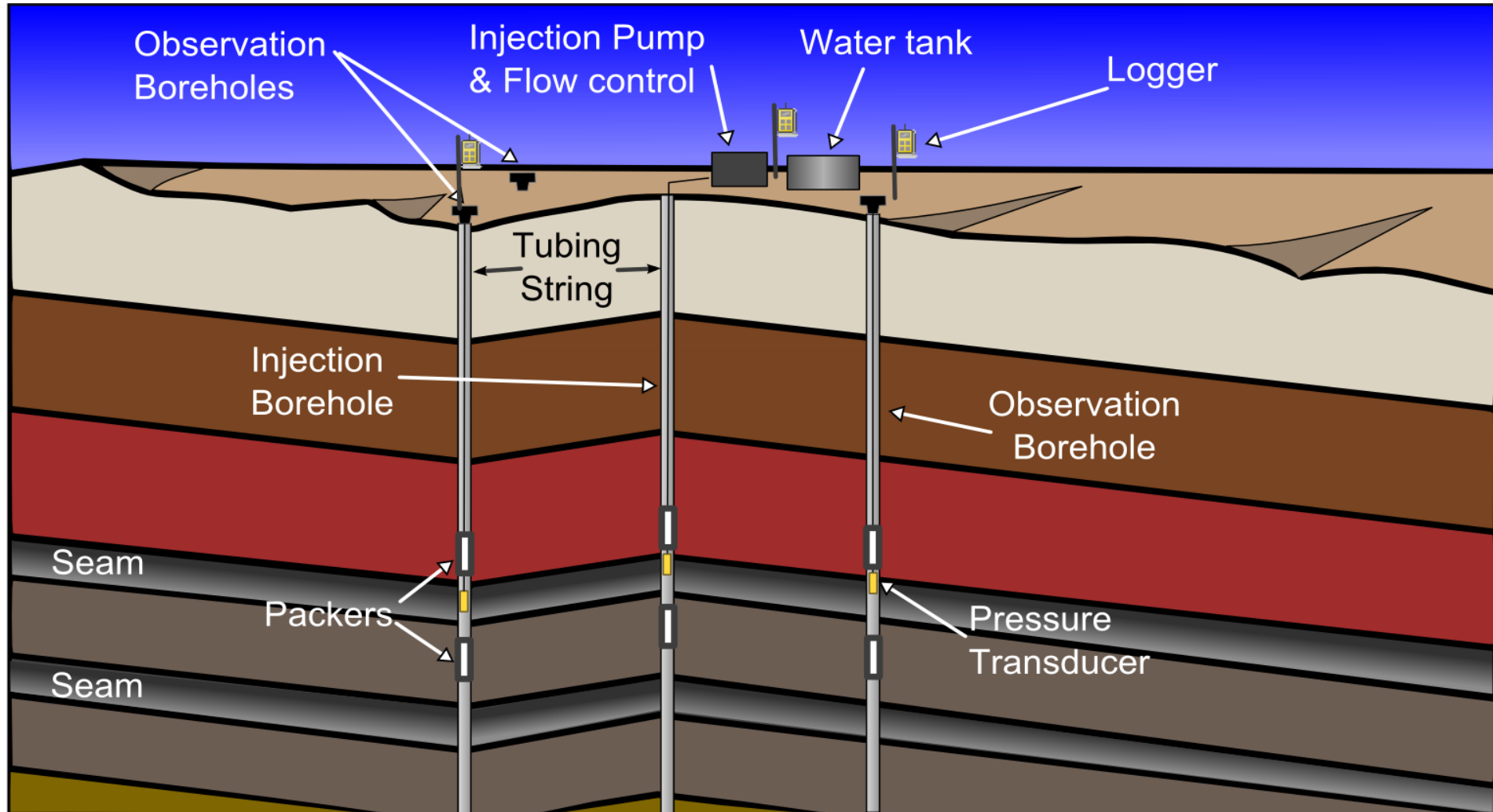
- ИПТ предпочтительнее при адекватной проницаемости
- Опытные накачки нередко заиливают
- Наилучшие результаты дает интерференция но велики затраты

Чтобы составить программу проведения испытаний по интерференции, необходимо знать диапазон значений проницаемости

- Можно использовать импульсный ИПТ и замерять давление в соседней скважине



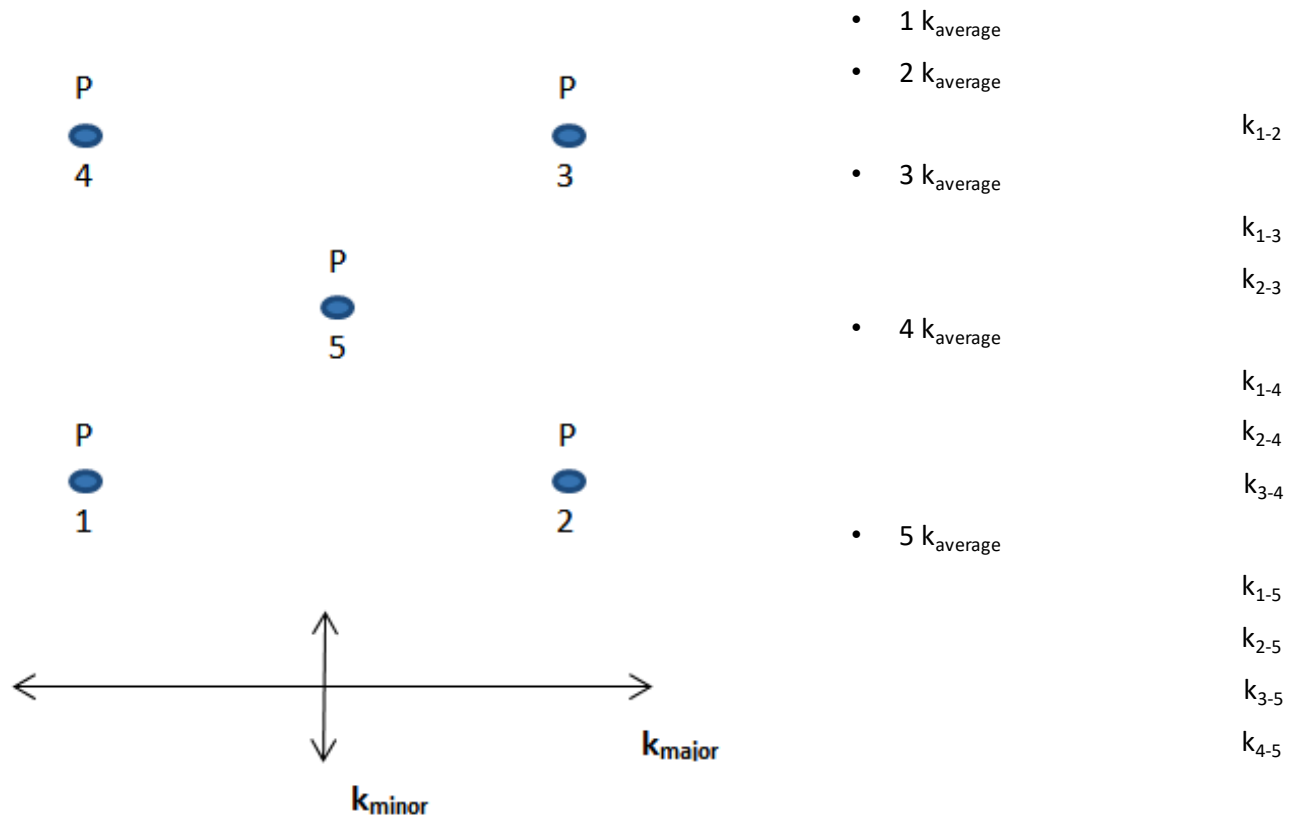
# Интерференция



# Последовательность операций

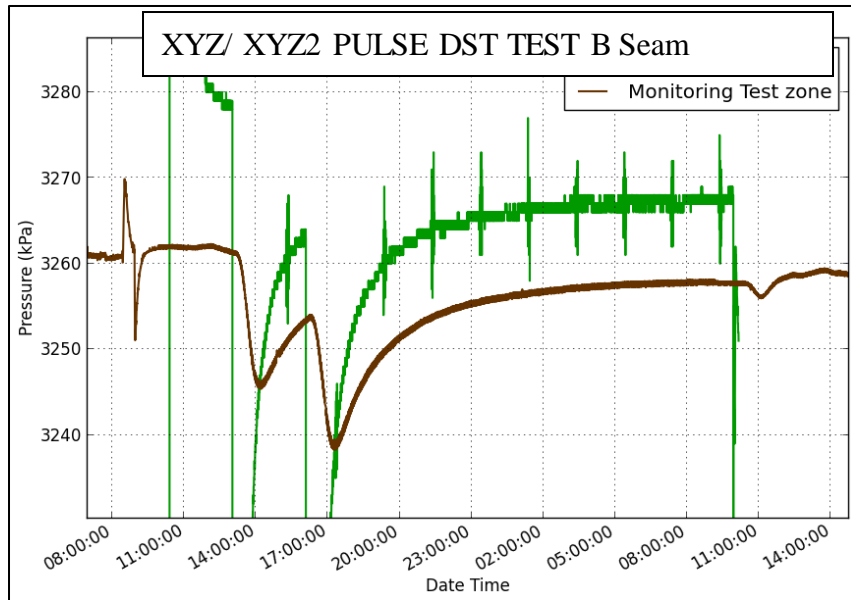
- Замерить трещин и напряжений
- Определить/догадаться преобладающее направление проницаемости
- Провести испытания в одной скважине и определить наименьшую проницаемость
- Пробурить вторую скважину вдоль линии ожидаемой преобладающей проницаемости
- Провести импульсные исследования от второй к первой скважине и получить значения наименьшей и направленной проницаемости
- Продолжить таким же образом в следующих скважинах

# Последовательность проведения импульсных испытаний

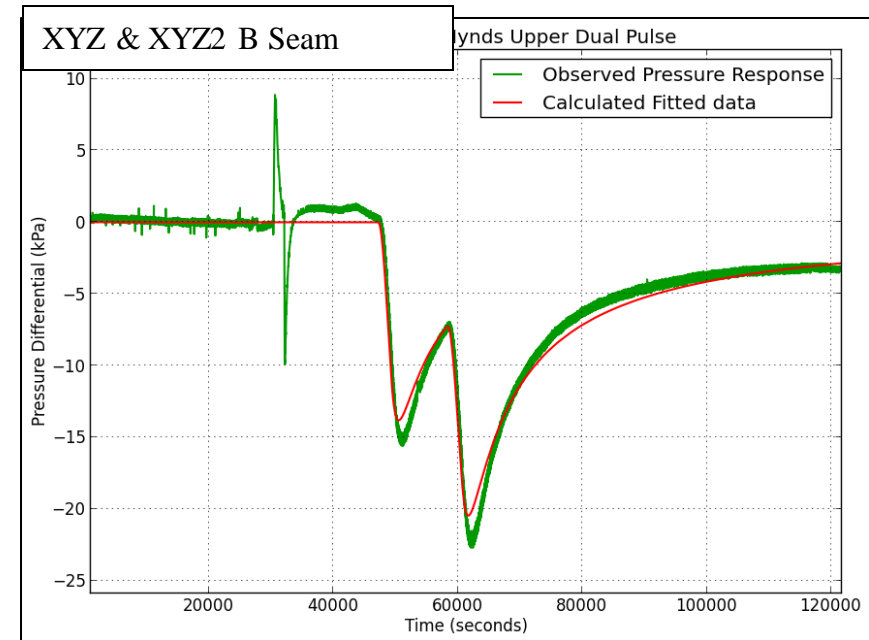


# Результаты импульсных ИПТ для определения направленной проницаемости

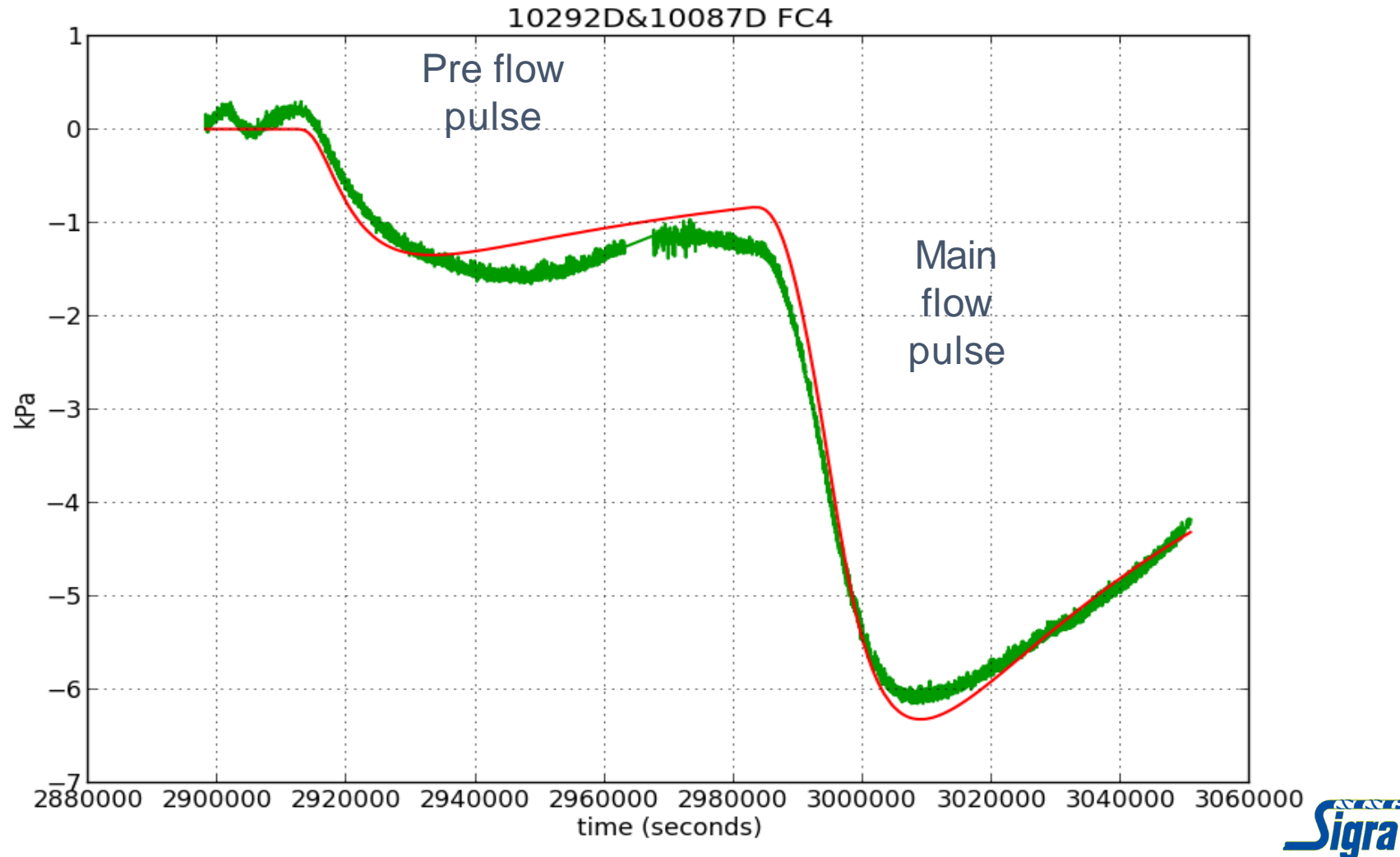
## Импульсные ИПТ



## Соответствие графиков импульсных испытаний ИПТ



# Согласованность результатов 2х этапов импульсных испытаний ИПТ



# Проницаемость изменяется в пространстве и со временем

- Геологические факторы обеспечивают вариативность пространства и направления
- Изменения истинного напряжения сильно влияет на проницаемость (зависит от жесткости)
- Удаление жидкости увеличивает истинное напряжение
- Важна относительная проницаемость
  - Воздух и вода стоят на пути друг друга

# Долгосрочный мониторинг- важный ключ к пониманию свойств жидкостей

# Инструмент мониторинга - пьезометры

- Sigra разработала новый метод установки пьезометров.
  - Меньше персонала
  - Очень удобно при установке в нескольких уровнях
  - Экспериментально проверяемо
- Мы называем это **Cement Displacement**
- Распорные пакеры
- Мониторы отслеживающие просадку почвы и пьезометры в комплекте **Combined settlement and piezo monitors**



# Восемь тензодатчиков на 600 м



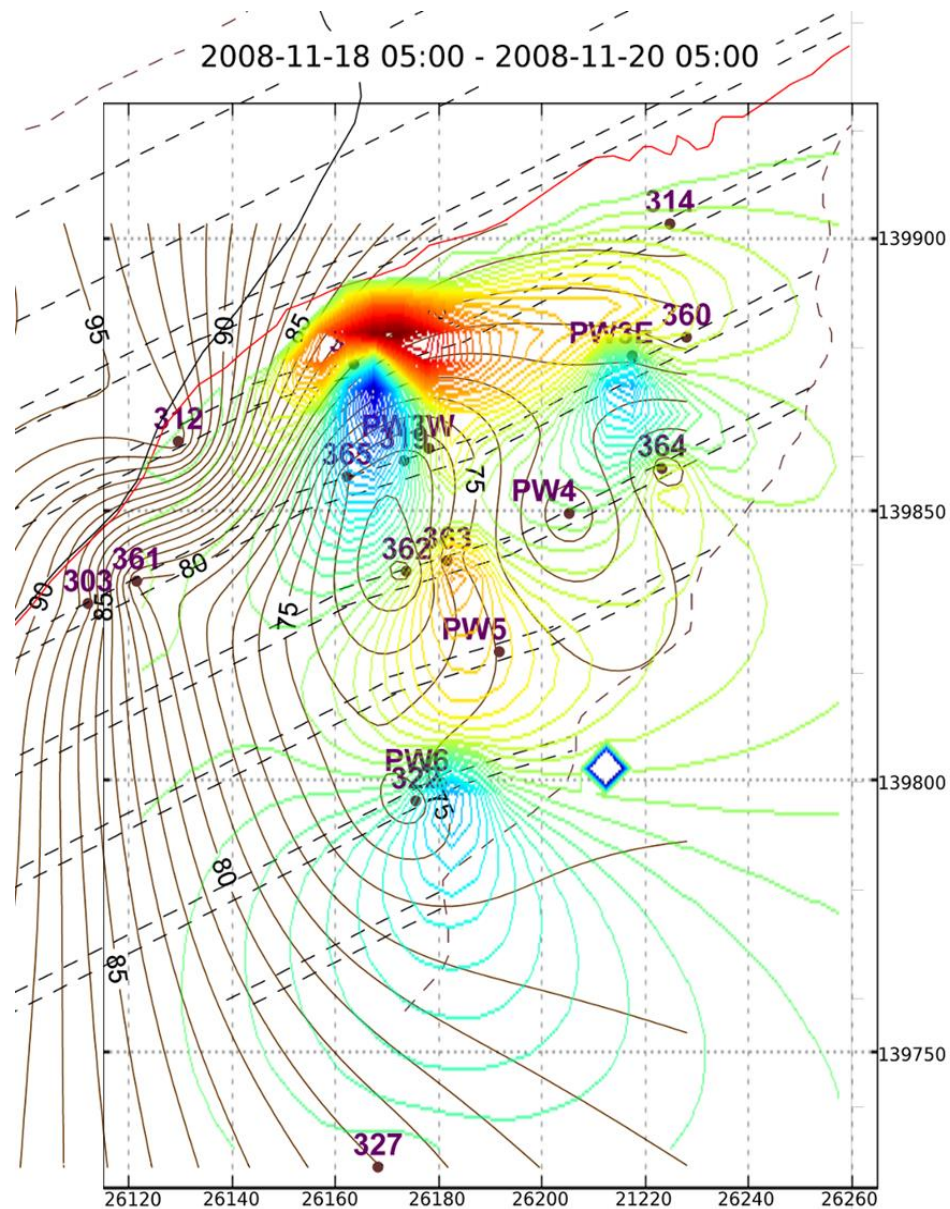
# Установка цементации





# Гидрогеоло огия откоса выемки

# Сетевая модель инфильтрации на откосе выемки





**Благодарю что  
уделили внимание  
немногому из того  
чем мы занимаемся**

**Sigra Pty Ltd**

**93 Colebard Street West, Acacia Ridge, Brisbane Queensland 4110, Australia**

**Tel: +61 (7) 3216 6344**

**Fax: +61 (7) 3216 6988**

**<http://www.sigra.com.au>**

**Email: [info@sigra.com.au](mailto:info@sigra.com.au)**