

Измерение проницаемости и других параметров грунтовых жидкостей

Исследование геологии II

26-27 июля 2017

Йен Грэй



Зачем измерять параметры подземных жидкостей

ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ

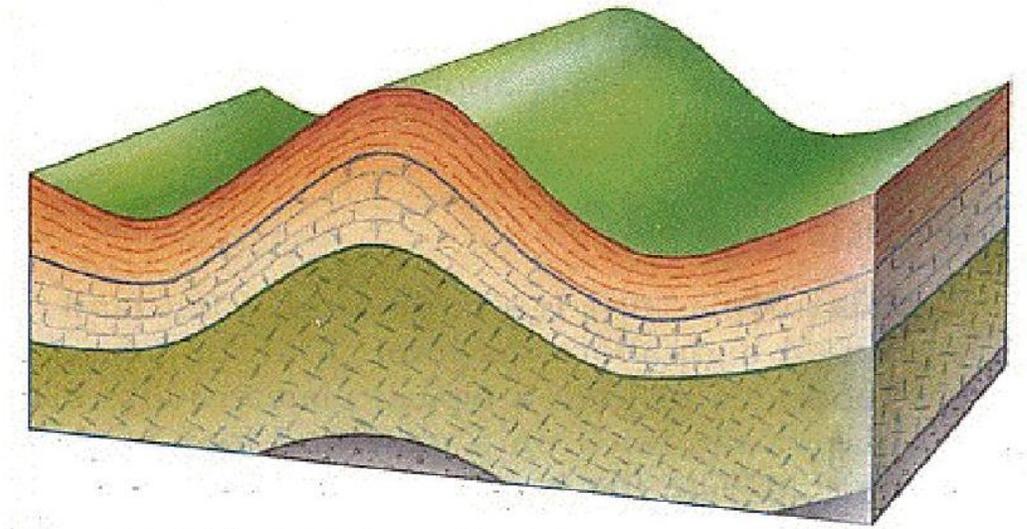
- Свойства грунтовых вод - устойчивость
- Необходимость осушения - расход / норма стока
- Величина и степень водопонижения - **жильё**, запасы
- Загрязняющие вещества и их удаление
- Водоснабжение - количество, расход

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 (длина²)
- Гидравлическая проводимость/Коэфф. фильтрации (длина/время)

Накопление/аккумуляция

- Сжимаемость (коэффициент) (давление⁻¹)
- Пористость (трещины)
- Упругоёмкость и удельный сток
безразмерный (объём/(площадь* длина))

Потенциал/гидрогеологический напор/сосущая сила почвы

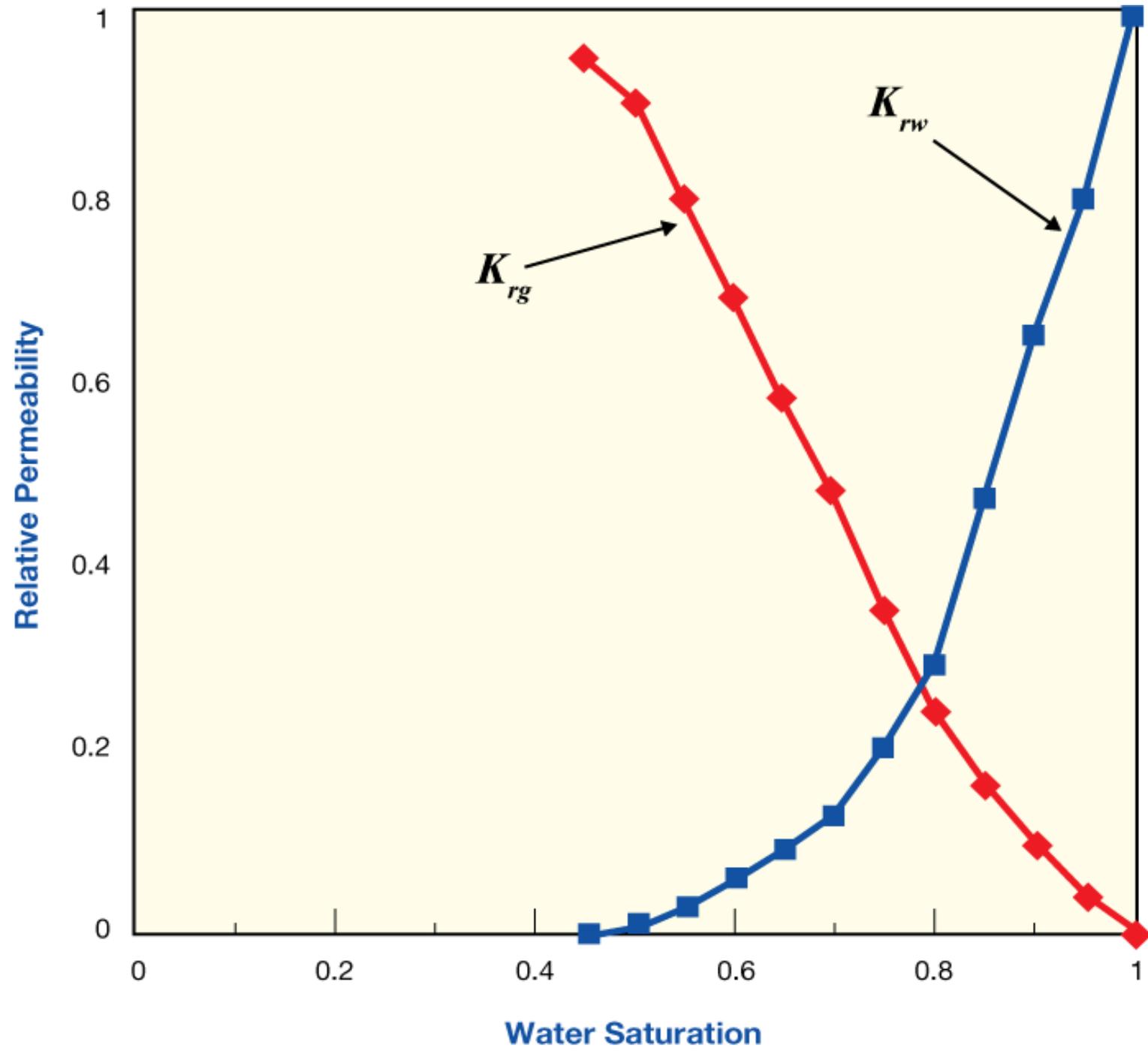
- Давление
- Гидростатический напор

Ламинарный поток

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

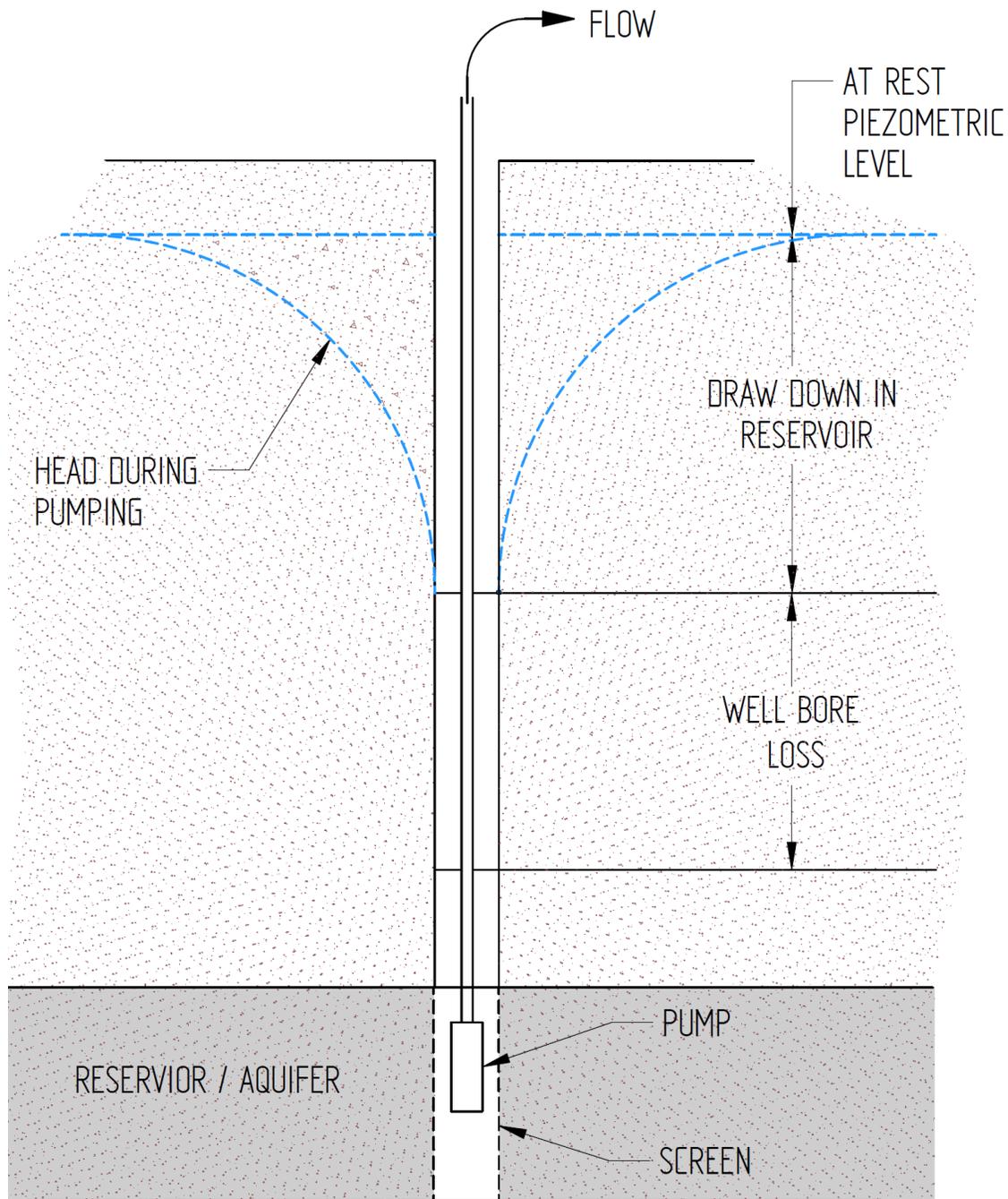
Графики
относительной
проницаемости
для газа и воды

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,

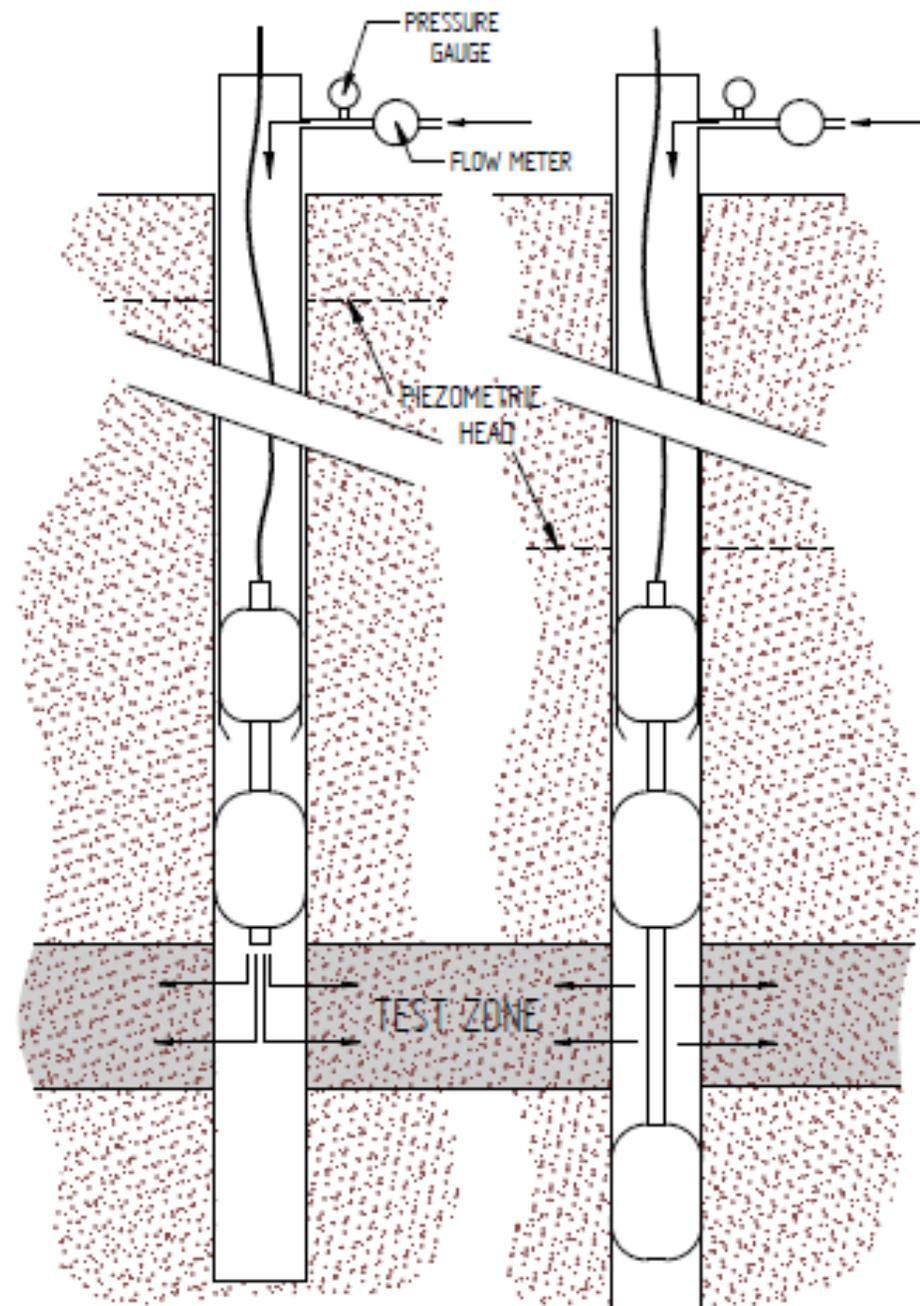
небольших радиусов и незначительных **аккумуляций**

Обычно применяется для анализа в одиночной скважине – малый радиус

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

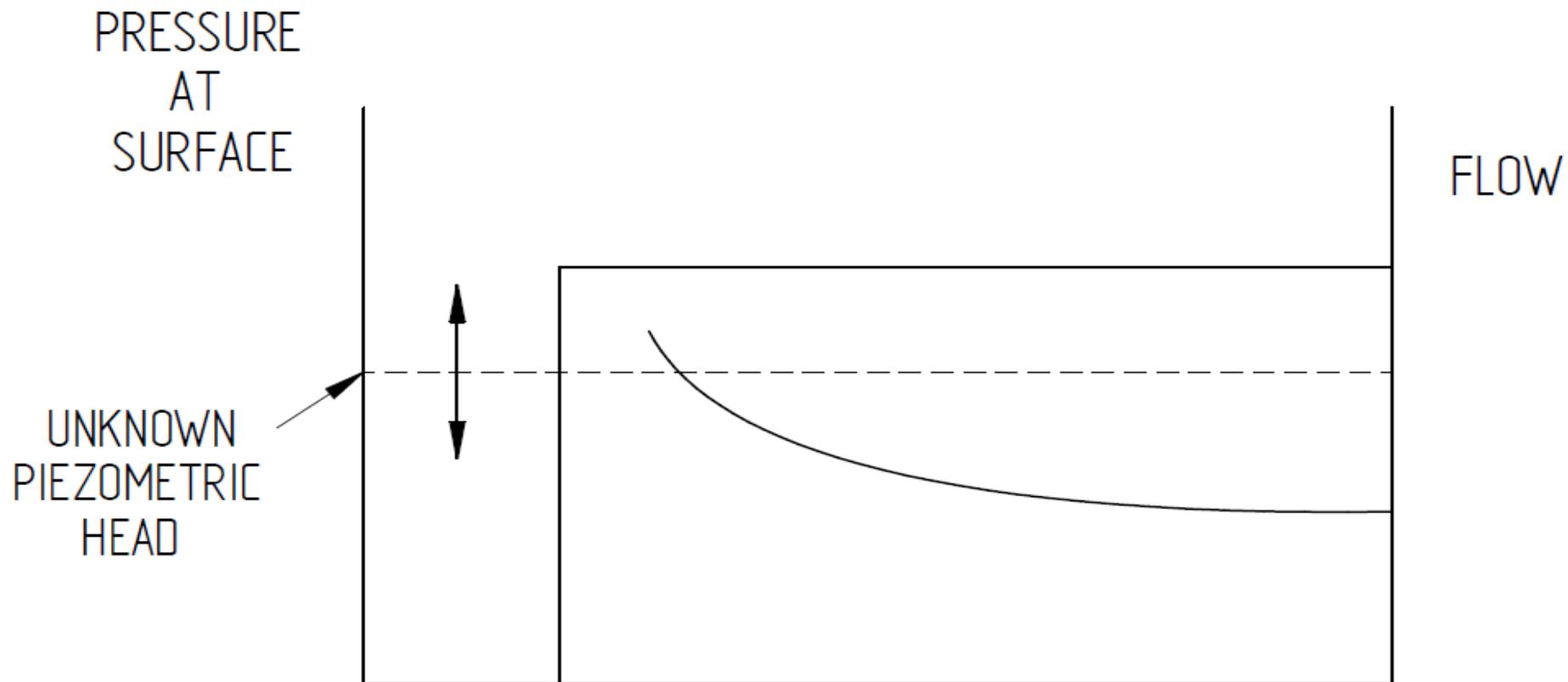
Типичная процедура проведения испытаний -на строительных объектах и предприятиях горной промышленности

- 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

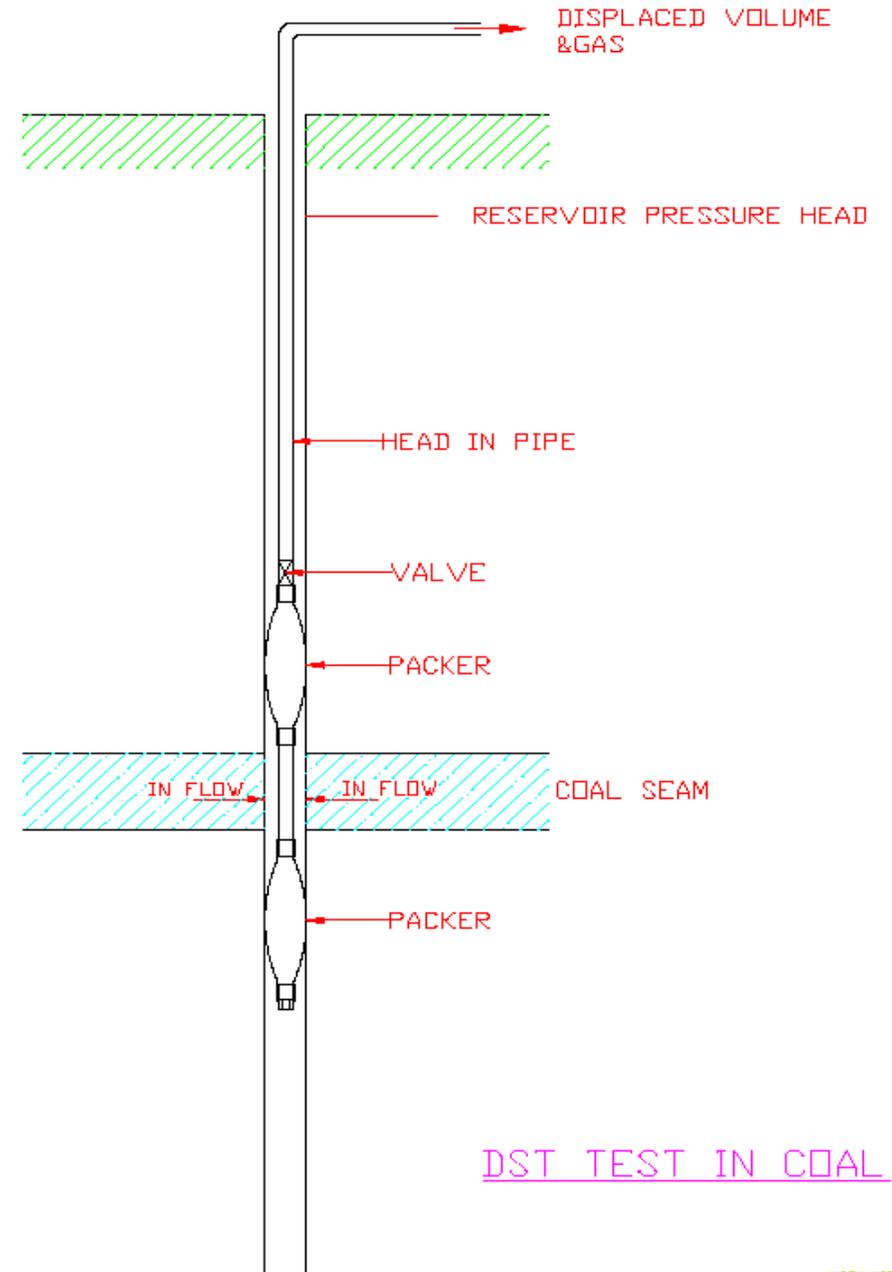


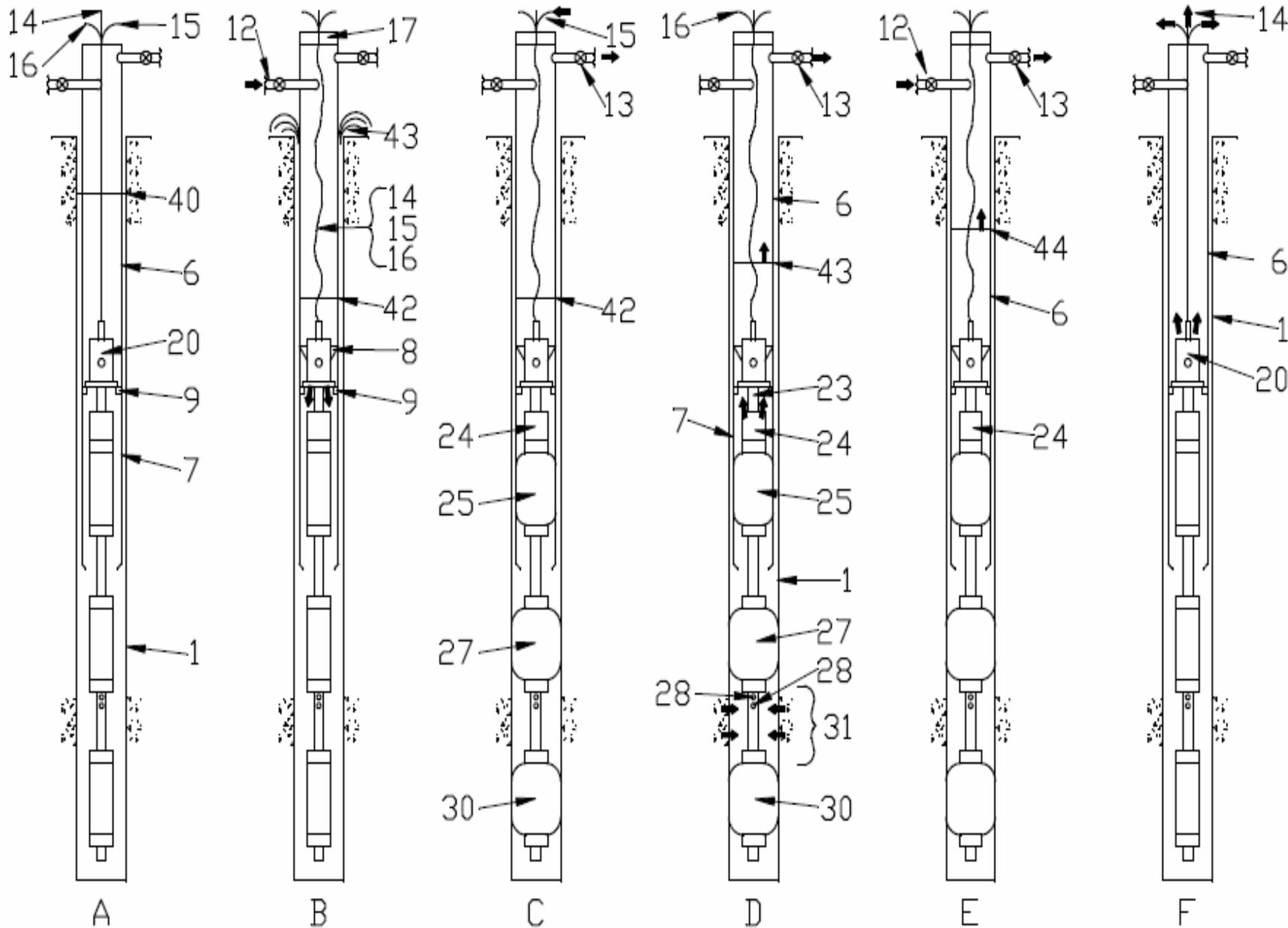
Испытания с использованием пакера

Что происходит во время испытания с использованием пакера?



Установка DST: для получения данных инструментом спускаемым в скважину

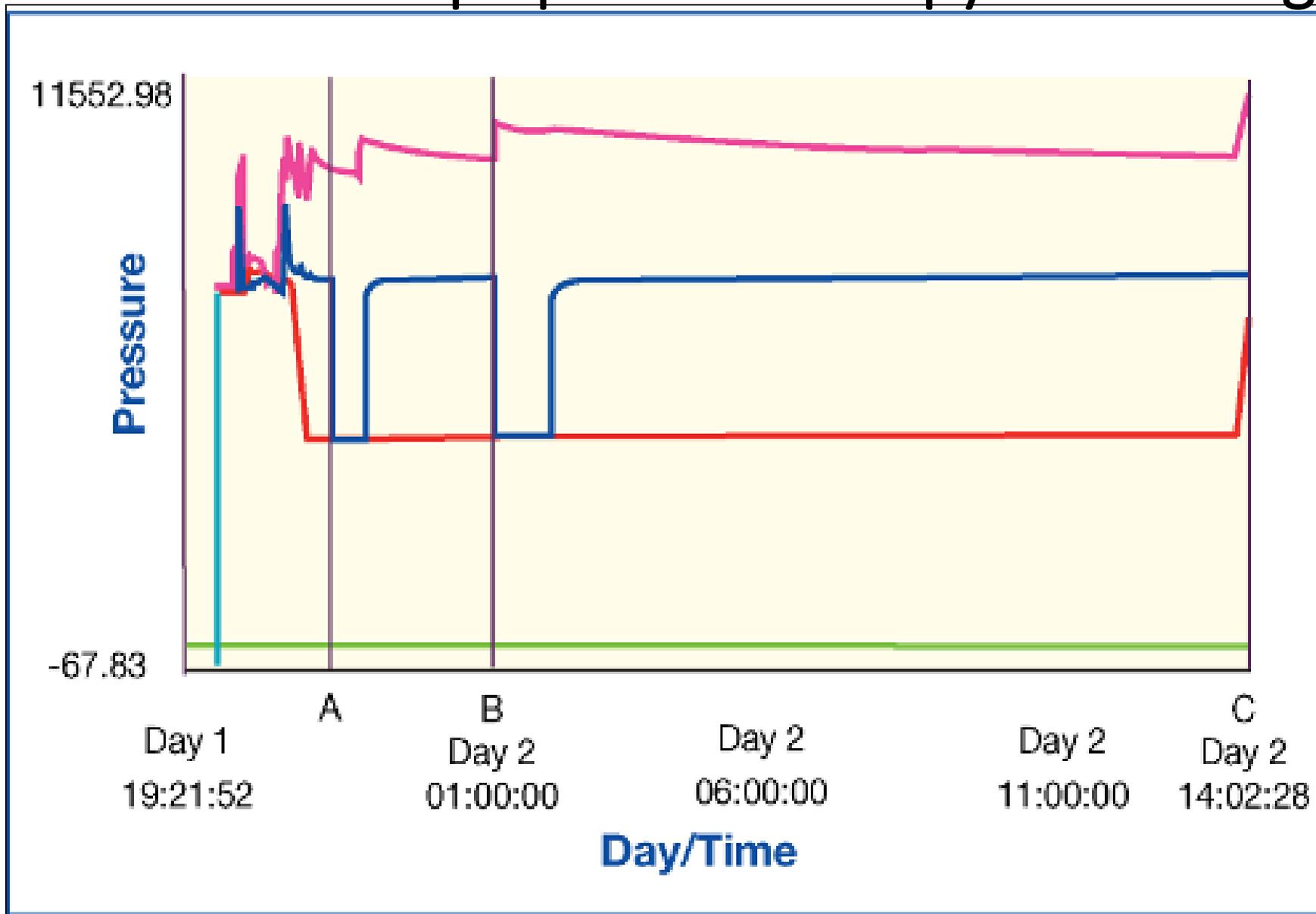




Инструмент
ИПТ
(спускаемый
на
каротажном
кабеле)
*разработчик
SIGRA*

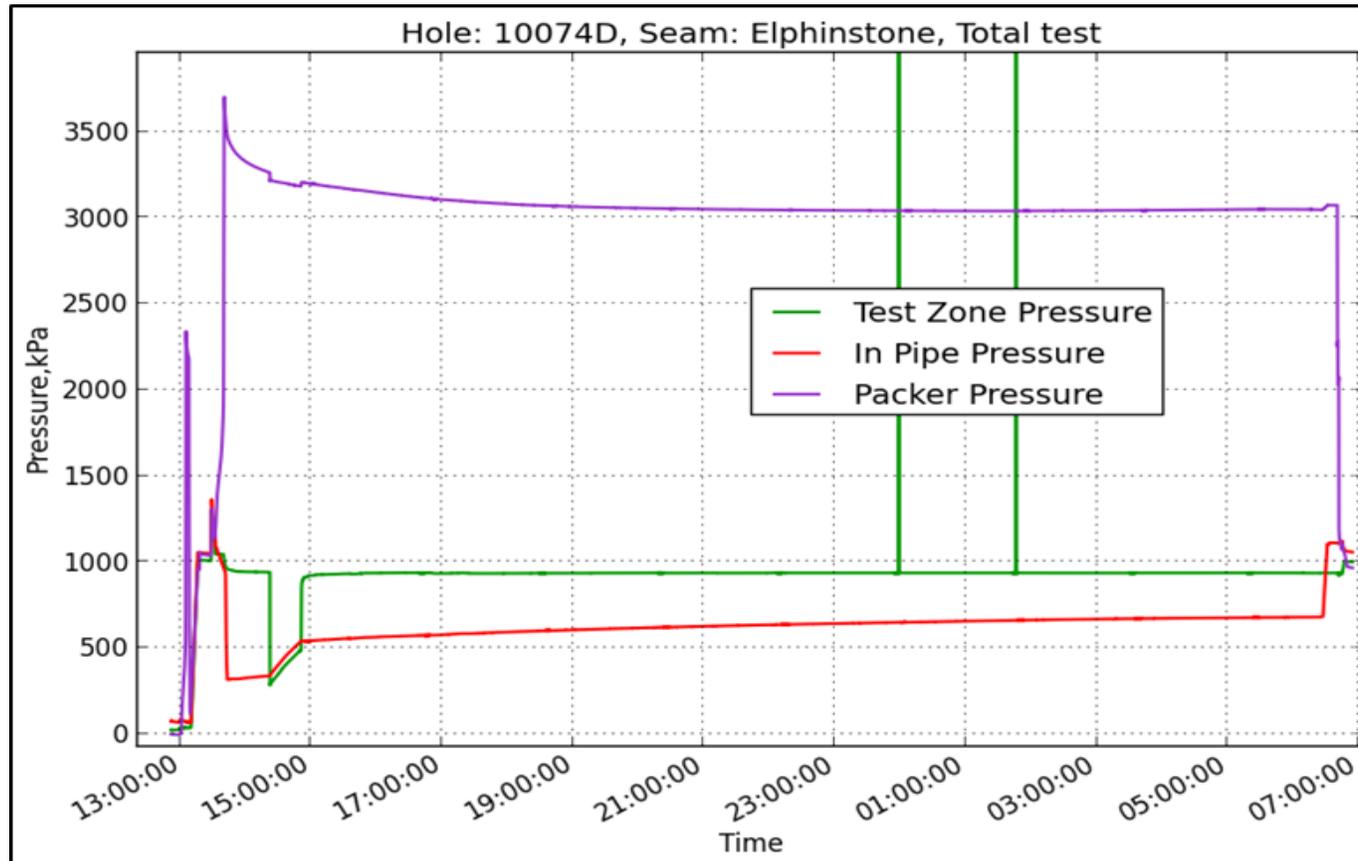


ИТОГОВЫЙ график ИПТ инструментом Siga



Итоговые показатели высокой степени проницаемости

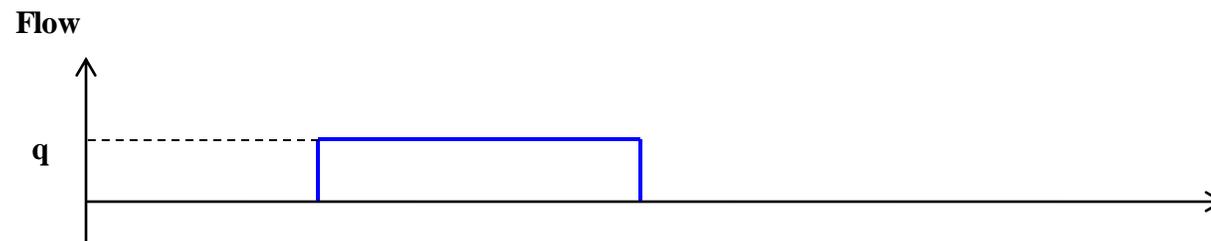
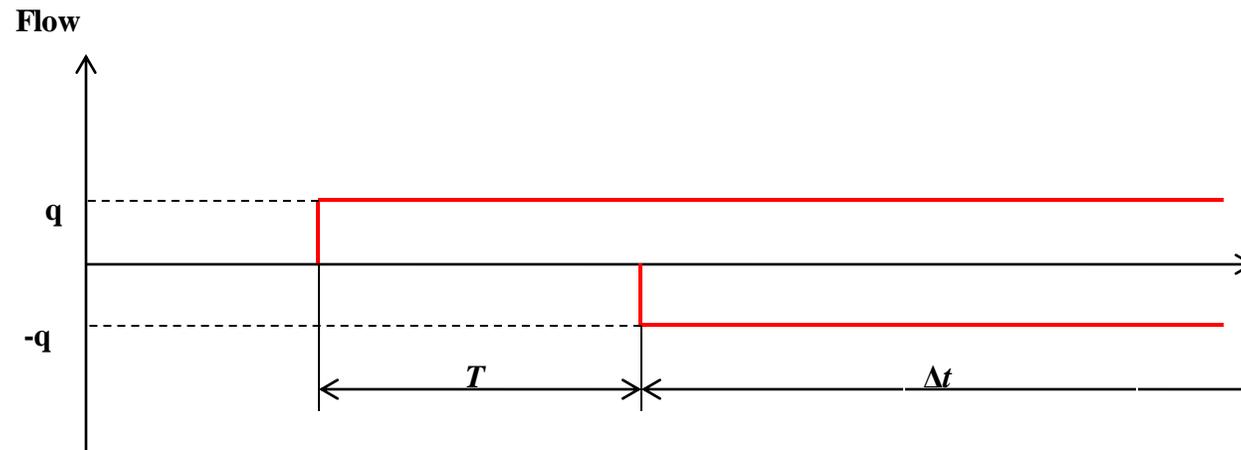
С утечками из бурильной колонны



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

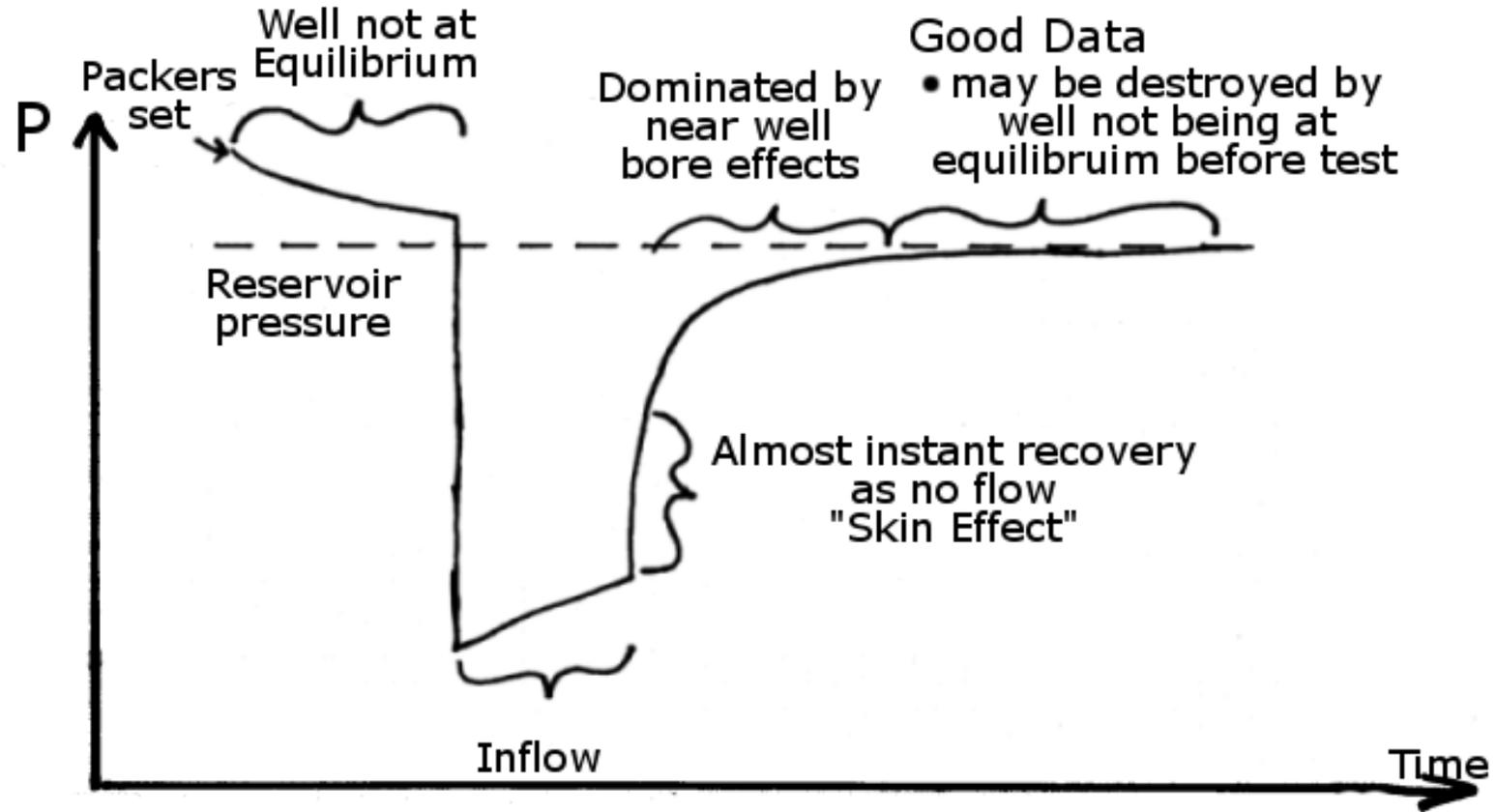


График Хорнера

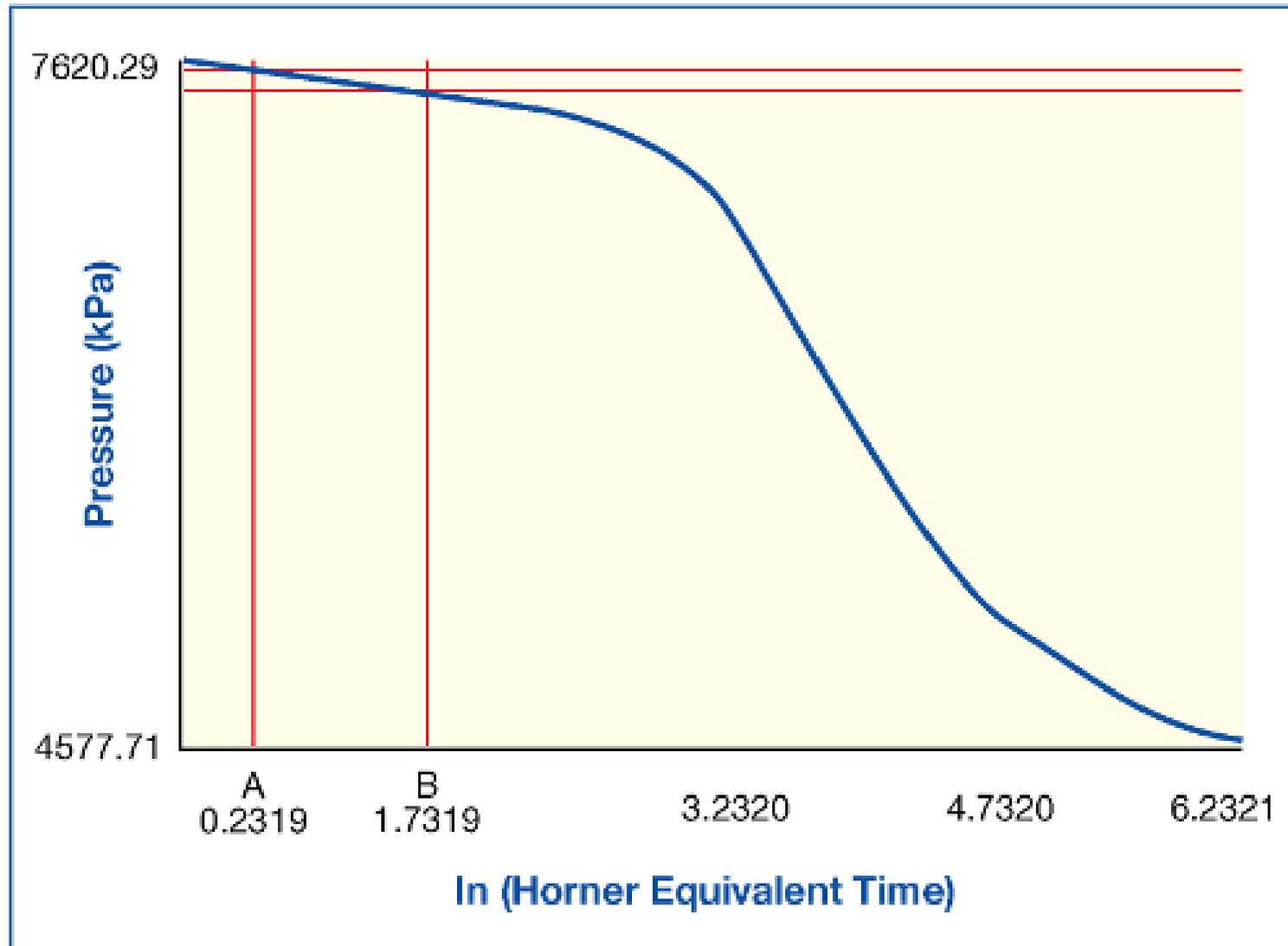
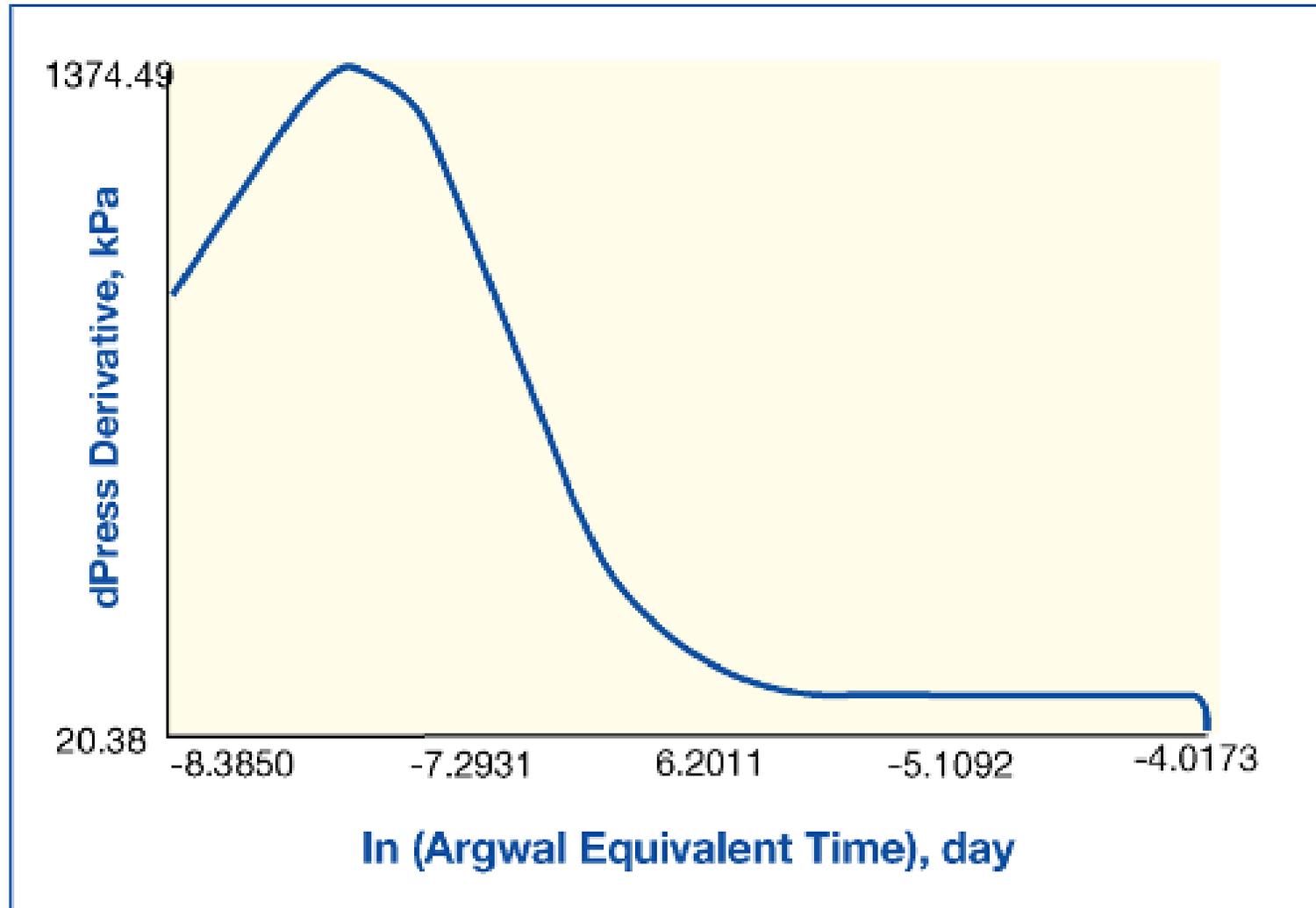


График дериватива с учетом параметра времени Агарвала



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
дериватива, График Хорнера

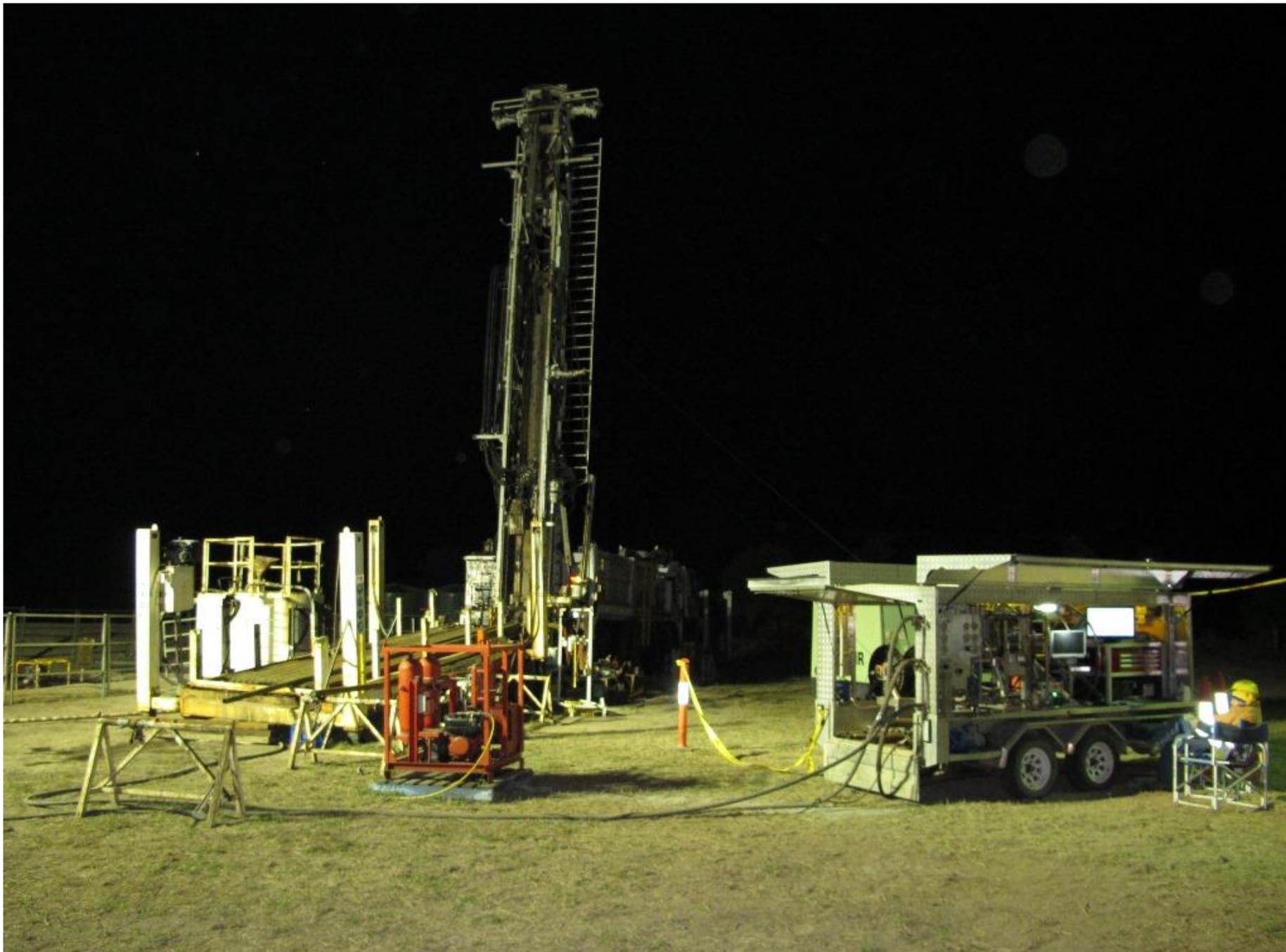




Оборудование
ИПТ и прицеп



Спуск прибора ИПТ

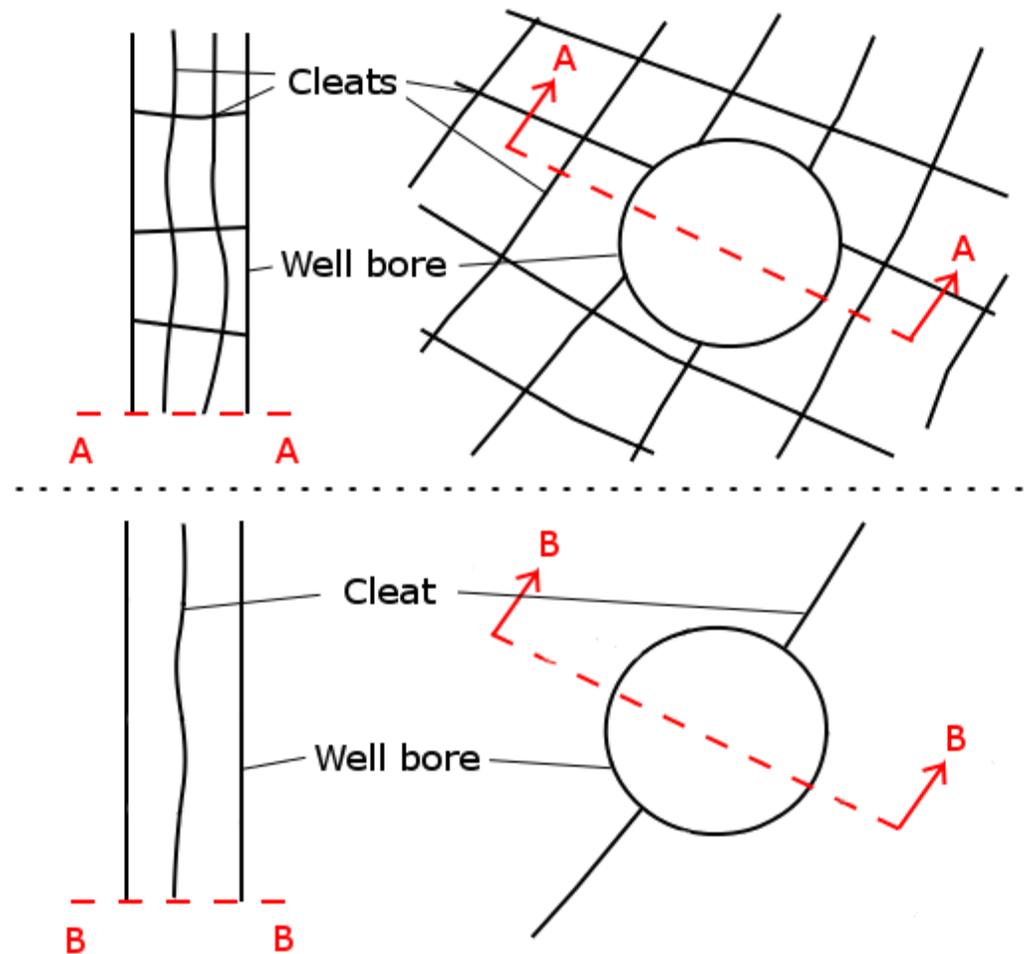


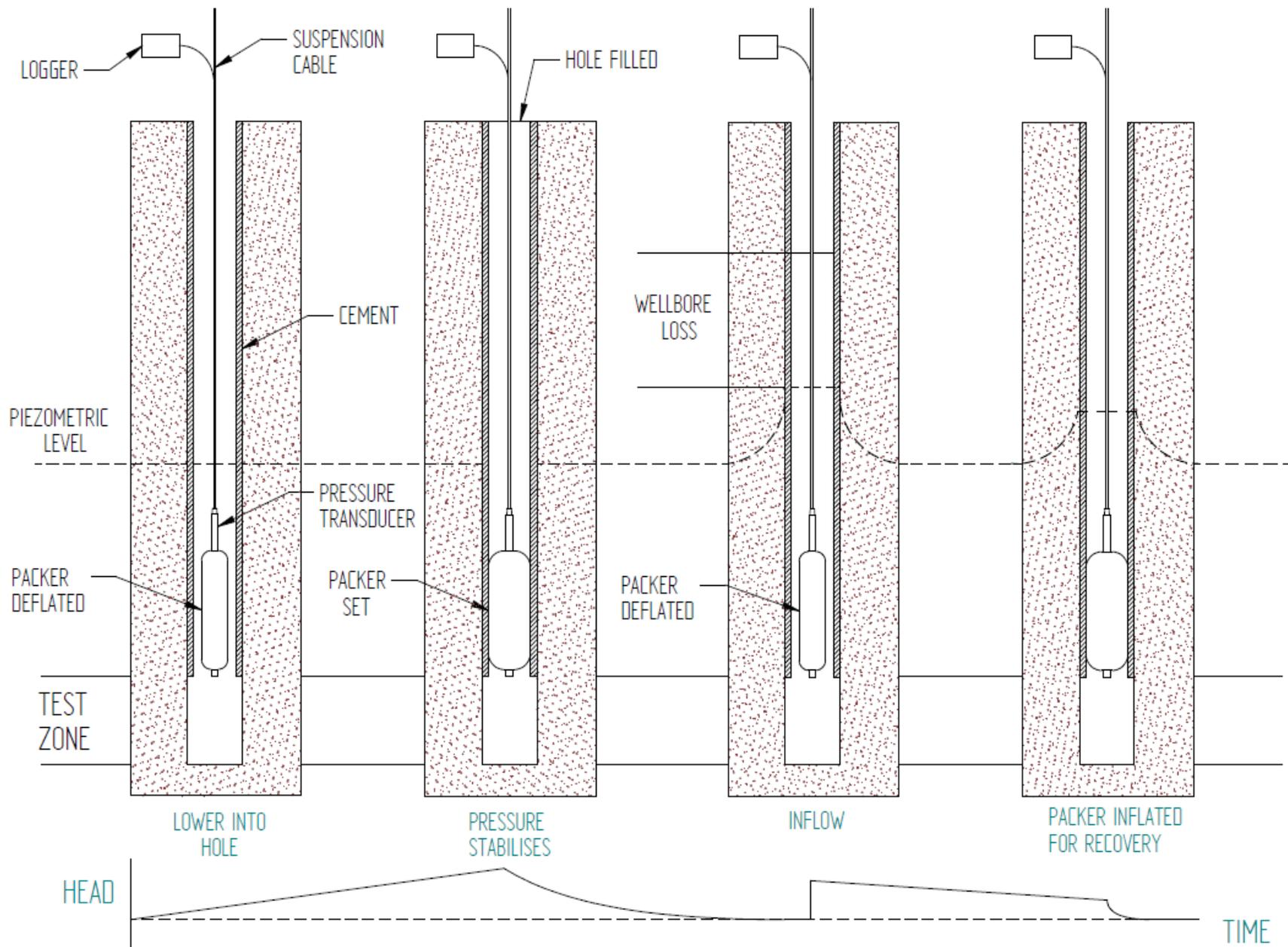
Общий вид
размещения
оборудования

Портативный вариант ИПТ – куб 1,5 м



Важна связь скважин?





ИПТ для ПОЧВ

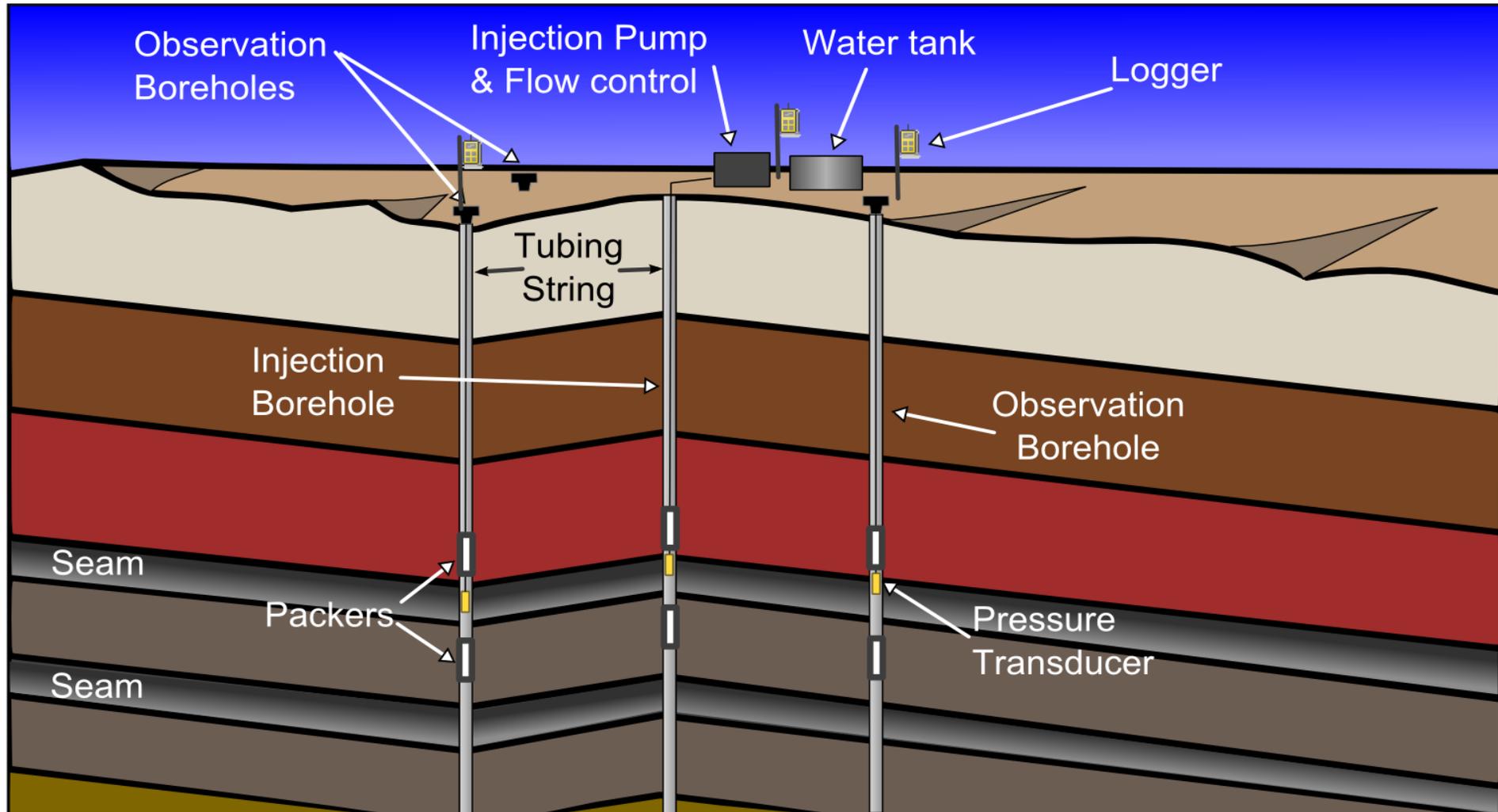
Полевые замеры проницаемости

- 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

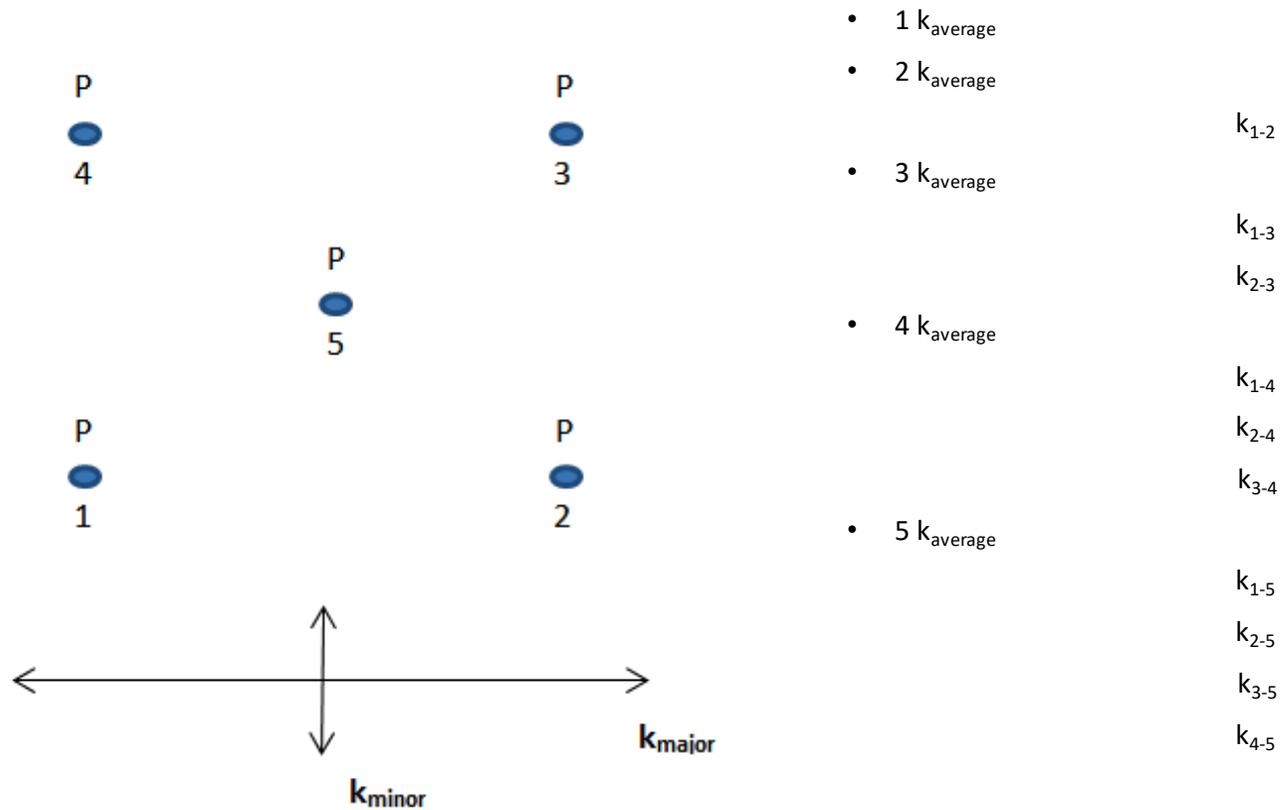
Интерференция



Последовательность операций

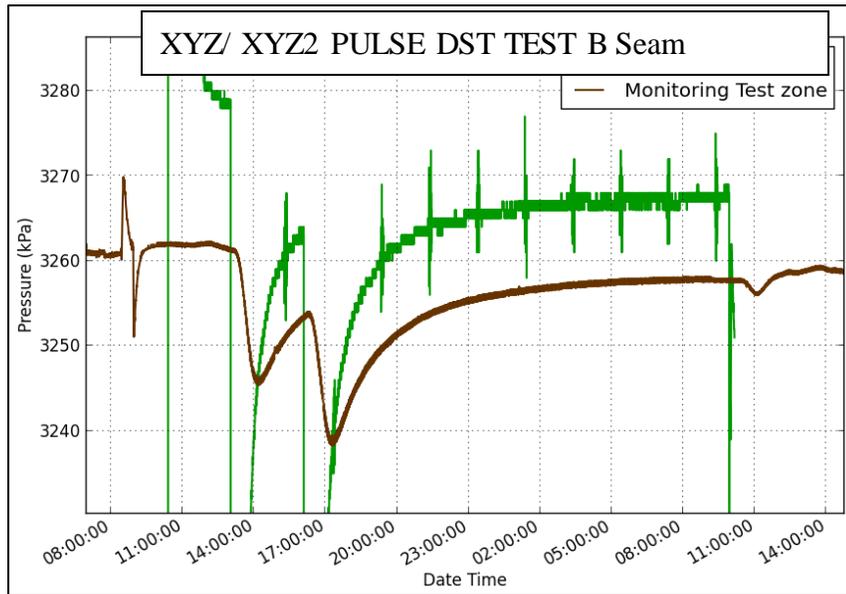
- Замерить трещин и напряжений
- Определить/догадаться преобладающее направление проницаемости
- Провести испытания в одной скважине и определить наименьшую проницаемость
- Пробурить вторую скважину вдоль линии ожидаемой преобладающей проницаемости
- Провести импульсные исследования от второй к первой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

Последовательность проведения импульсных испытаний

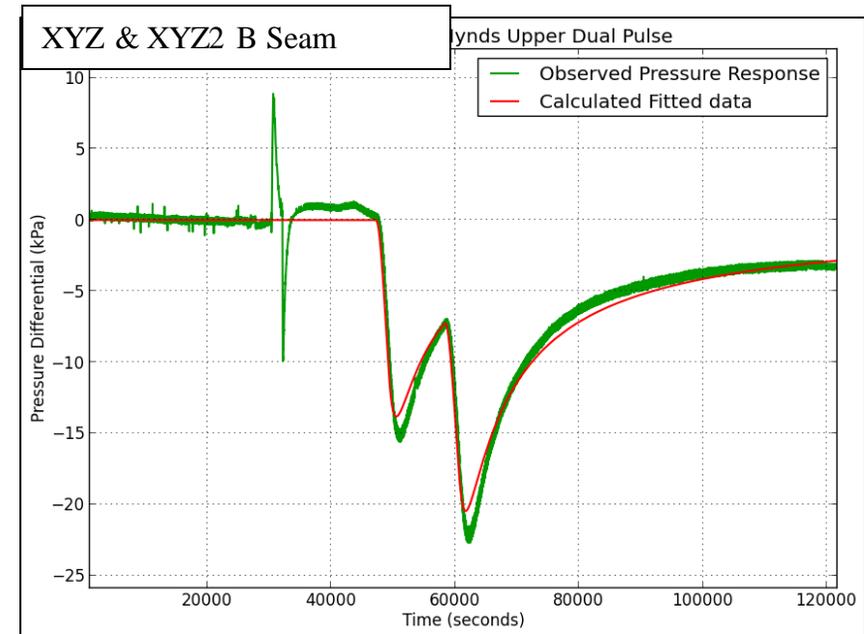


Результаты импульсных ИПТ для определения направленной проницаемости

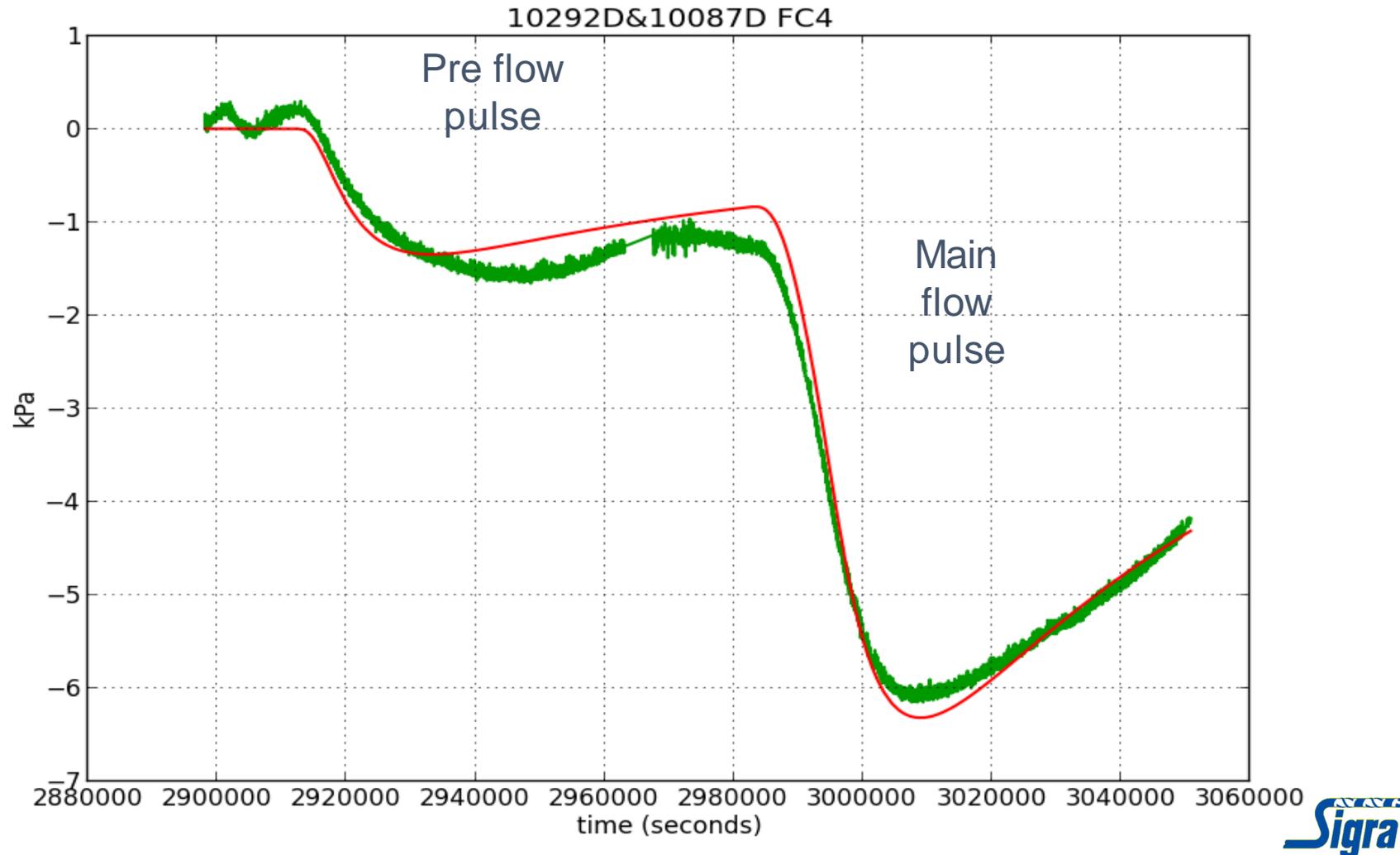
Импульсные ИПТ



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



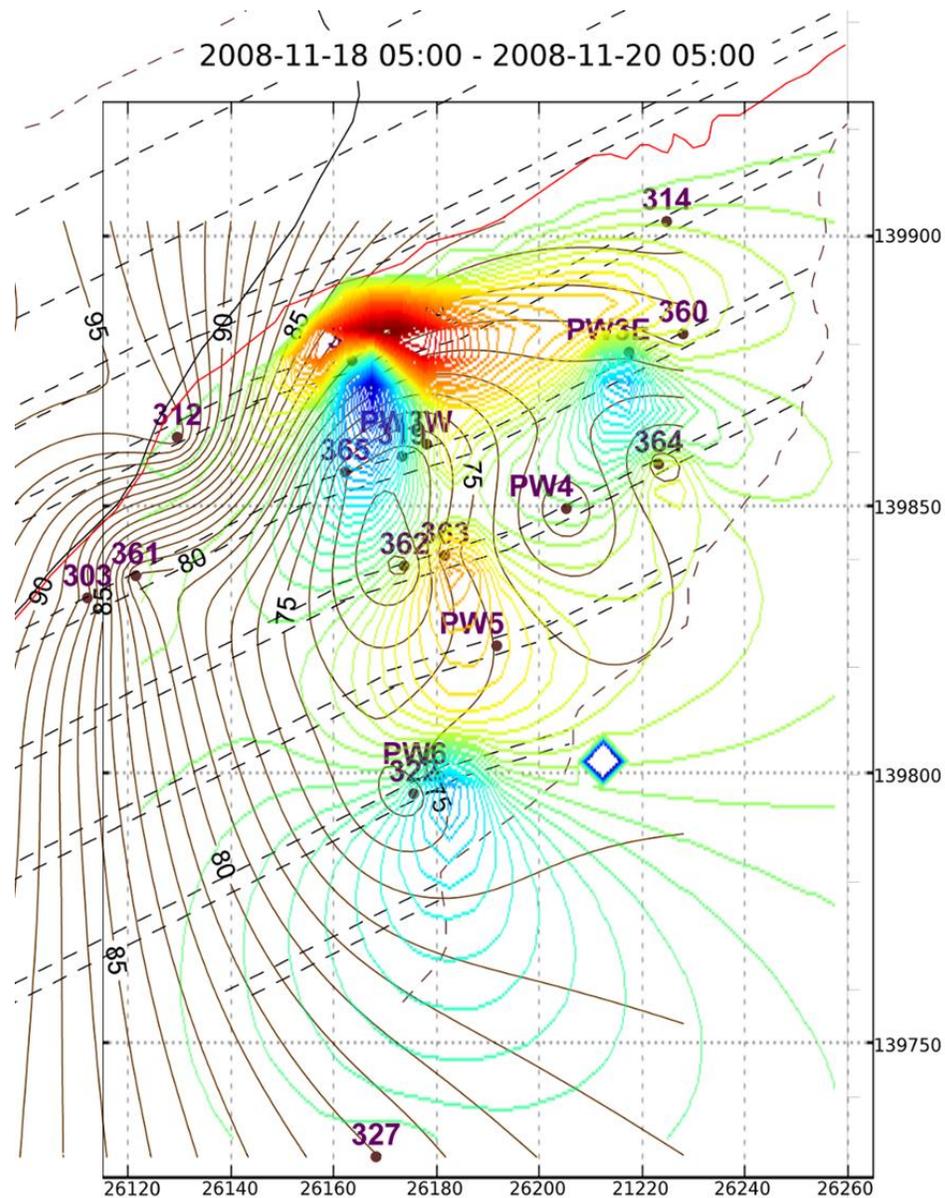
Установка цементации





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