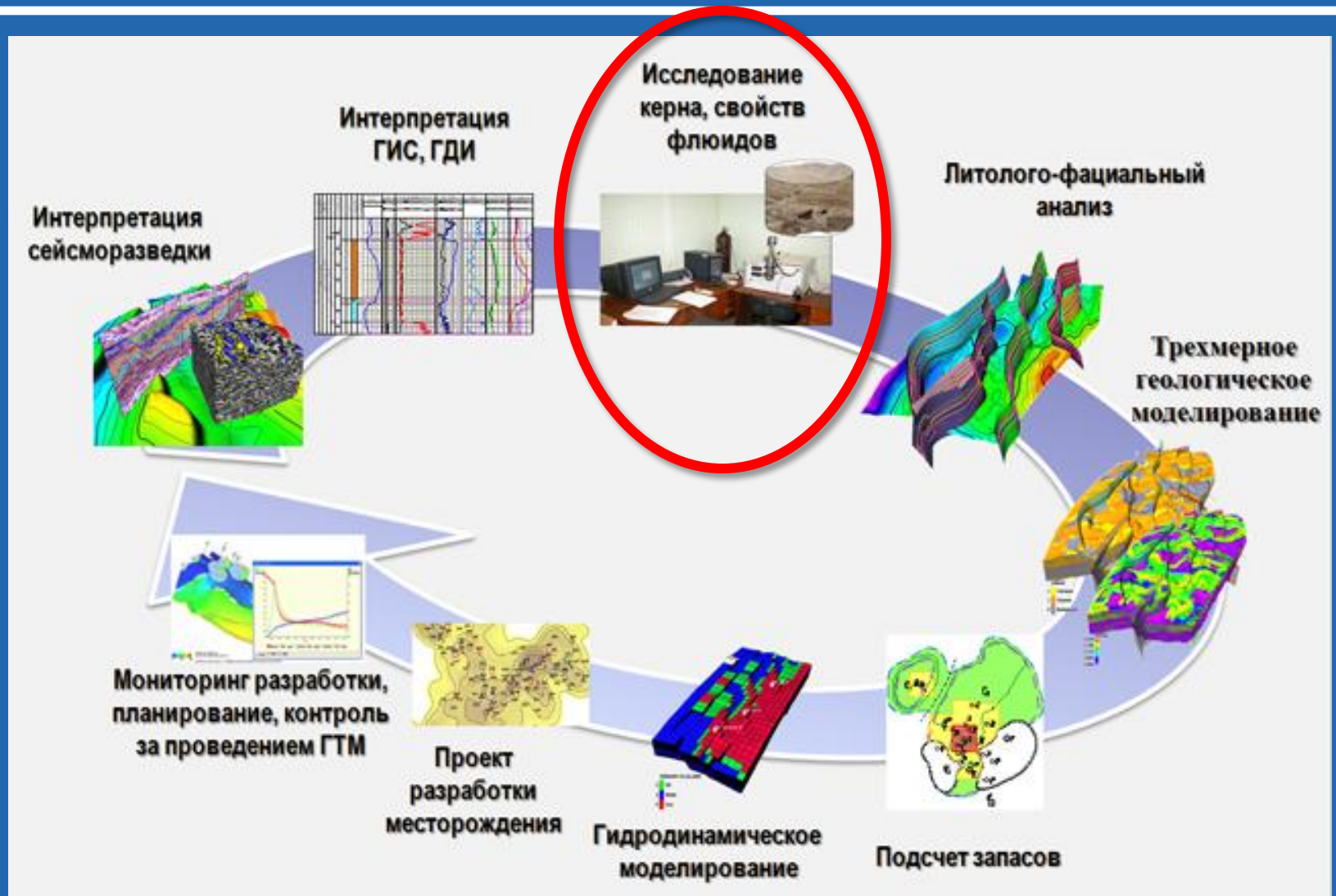


# Применение рентгеновской томографии для изучения керна и фильтрационных процессов

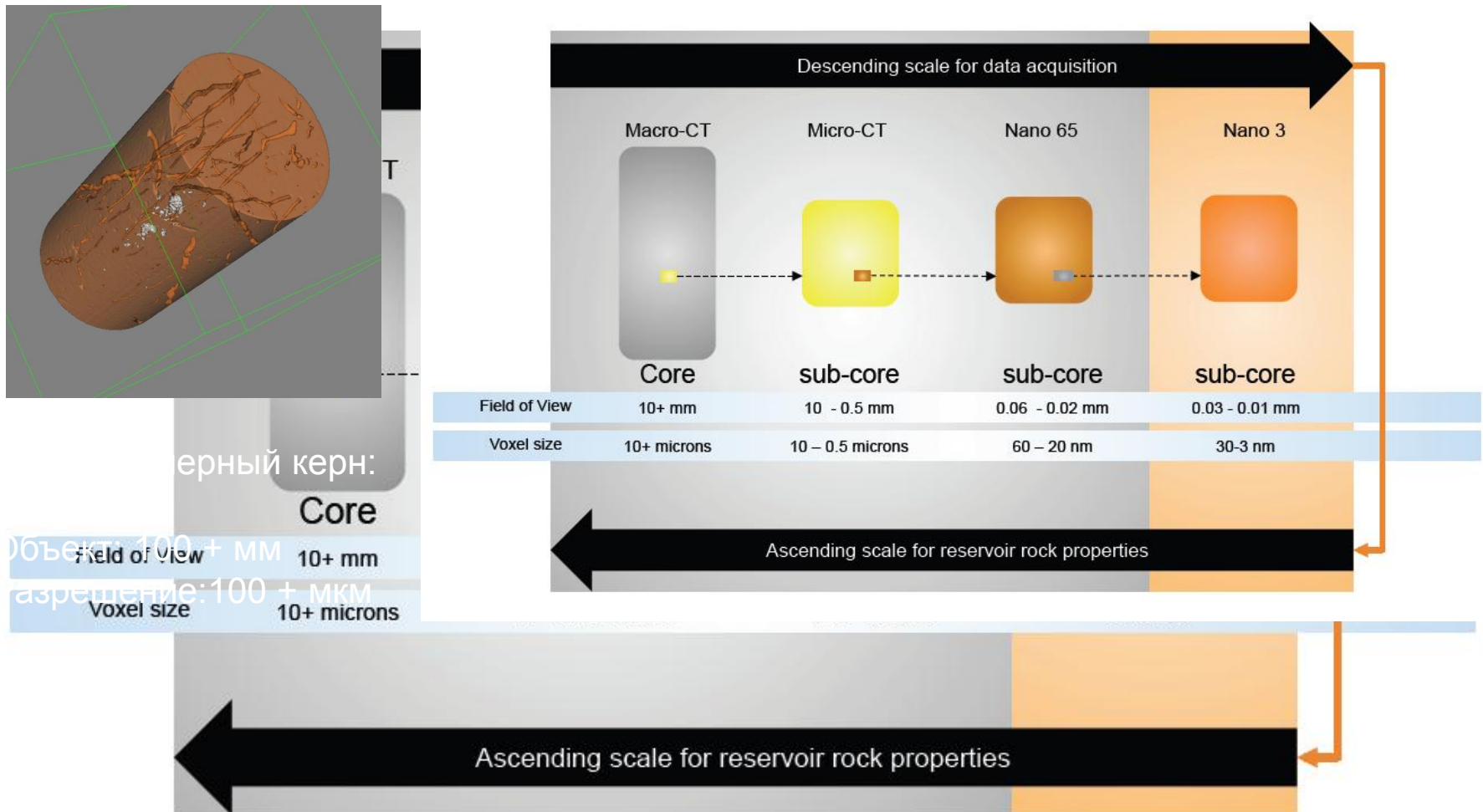
Черемисин Алексей, к.т.н.  
ЗАО «Геология»

Всероссийская научная конференция  
«Практическая микротомография»  
5-7 Декабря 2012, г. Казань

# Актуальность



# Томография керна



# Медицинские томографы



## Недостатки:

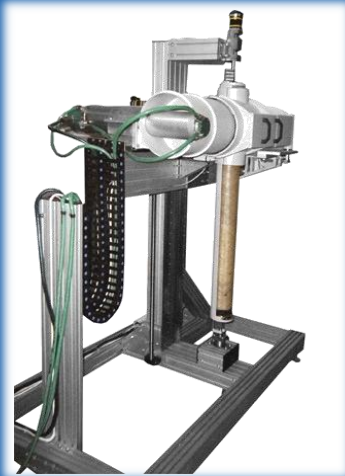
- Низкое контрастное разрешение
- Низкое пространственное разрешение
- Ограниченная дозовая нагрузка, ограничения на объект исследования
- Отсутствие дополнительных калибровок для определения компонентного состава
- Специальные требования к помещению и персоналу
- Необходимость получения лицензии и регистрации томографа
- Подвижный стол томографа накладывает ограничения на подводящие линии

## Преимущества:

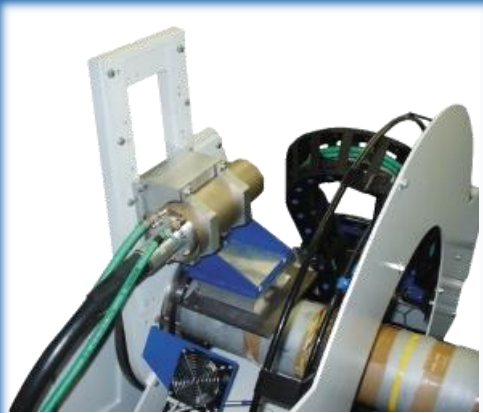
- Высока скорость сканирования
- Унифицированный формат данных

# Специализированные томографы

## Атмосферные условия



## Пластовые условия



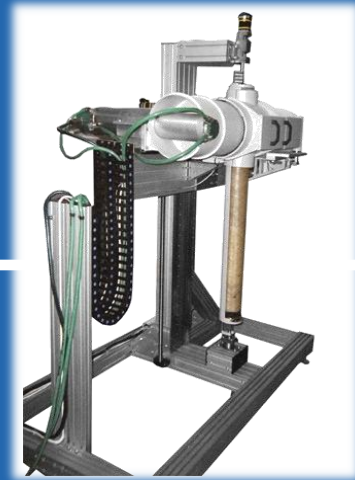
## Преимущества:

- Высокое контрастное и пространственное разрешение
- Дозовая нагрузка не ограничена, возможно длительное накопление сигнала для повышения качества съемки
- Количественное определение состава флюида при фильтрационных экспериментах
- Неподвижный объект исследования для томографа в пластовых условиях
- Не требует специального помещения, лицензирования и регистрации
- Низкая стоимость томографа и обслуживания

## Недостатки:

- Более низкая скорость сканирования по сравнению с медицинскими томографами


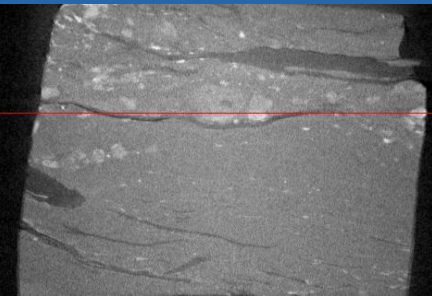
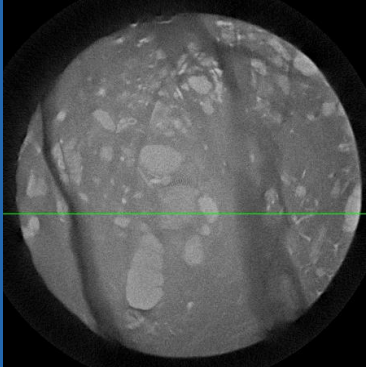
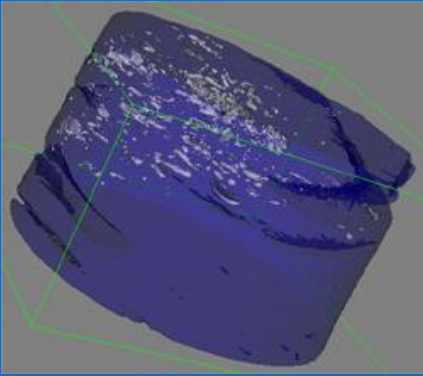


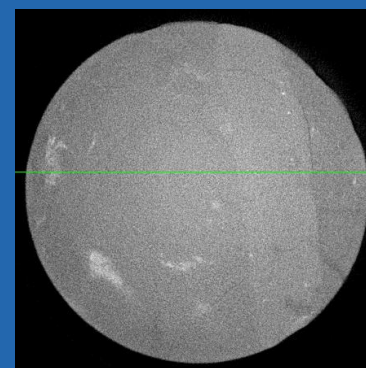
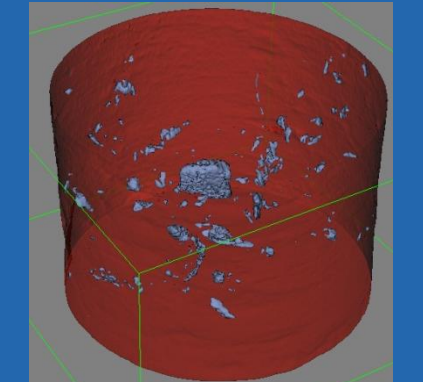
# Цифровая паспортизация керна



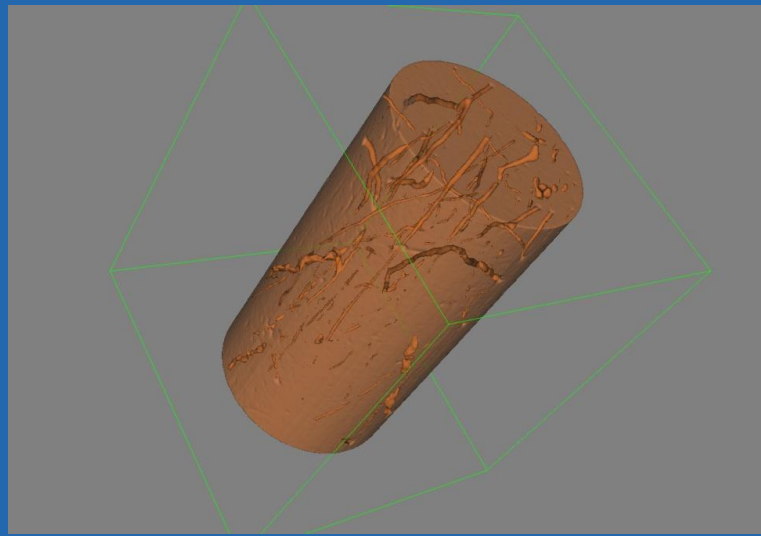
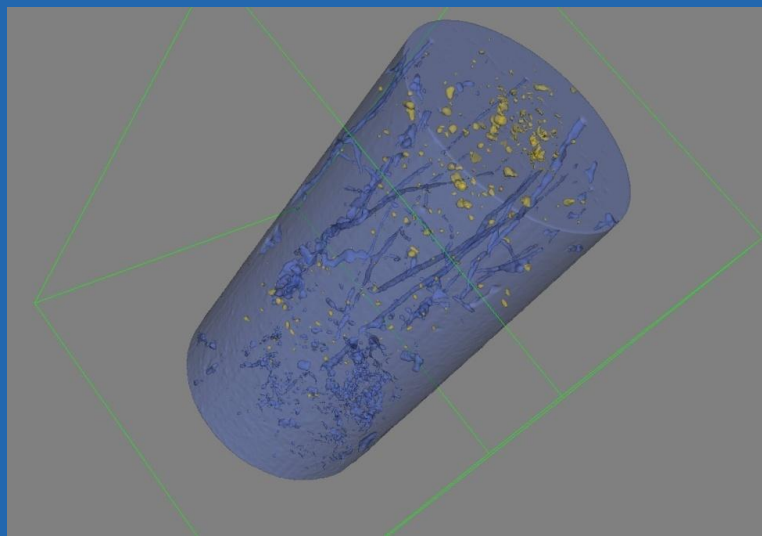
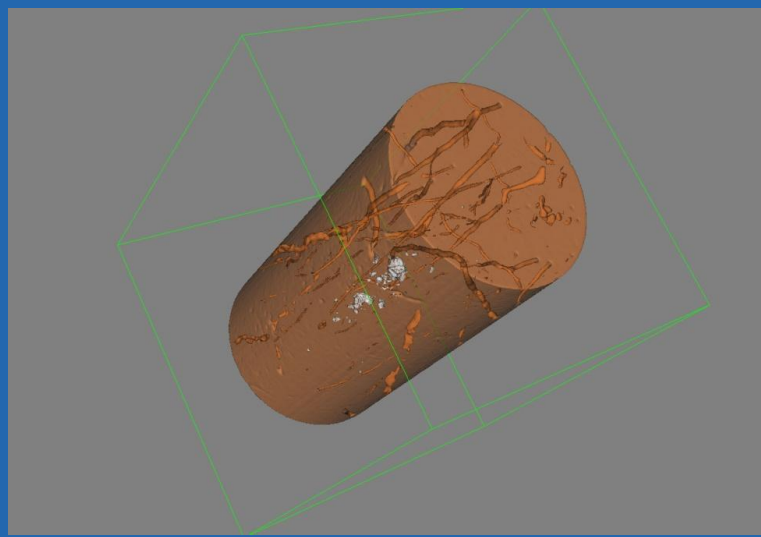
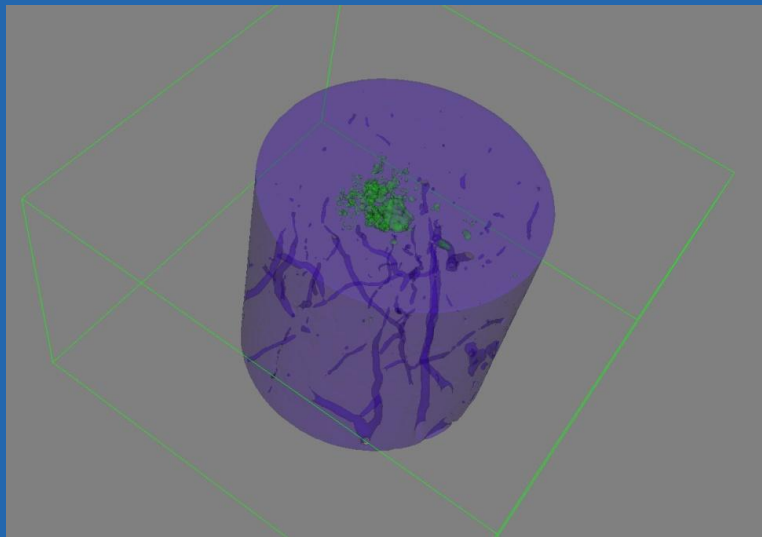
## Возможности:

- Распределение плотности в объеме
- Трещиноватость, кавернозность
- Распределение включений минералов (пирит, барит, окислы железа и др.)
- Толщину прослоев, плотность прослоев, углы наклона прослоев
- Распределение трещин по наклону, удельную поверхность трещин
- Объем каверн/включений;
- Количество и распределение газовых гидратов в керне
- Цифровая паспортизация керна, привязка по глубине и углу
- Выбор керна для базовых и специальных исследований, повышение достоверности традиционных методов исследования
- Привязка к каротажу и т.д.

# Цифровая паспортизация керна

Фотография	Продольный разрез	Поперечный разрез	Трехмерная визуализация
 <p>3.</p>			
 <p>4.</p>			

# Цифровая паспортизация керна





# Томография в пластовых условиях



Поворотный

Детектор

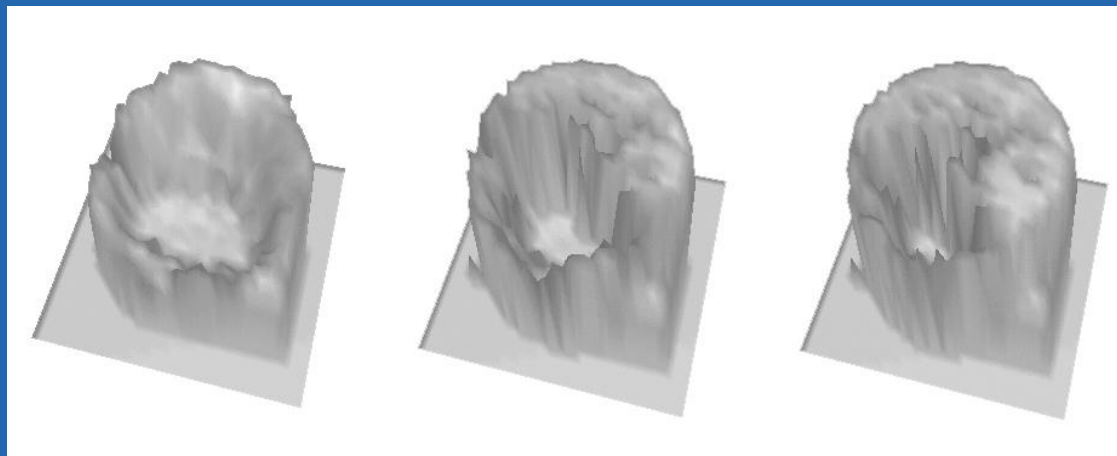
Кернод



- Механизм вращающегося и детектора позволяет вращать детектор вокруг оси
- Модель керна и насыщенности
- Томография высокого разрешения (100 – 200 мкм)
- Неподвижный кернодержатель
- Возможность установки различных типов кернодержателей

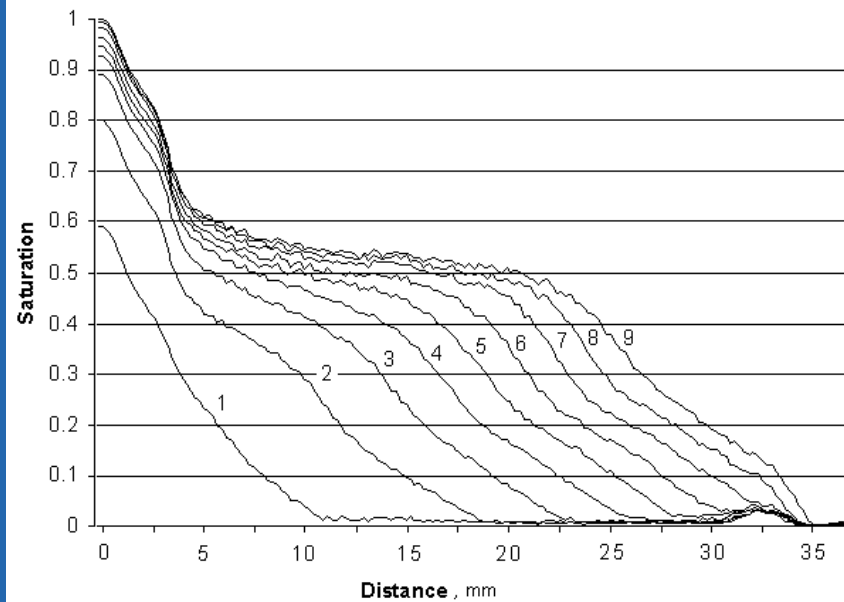
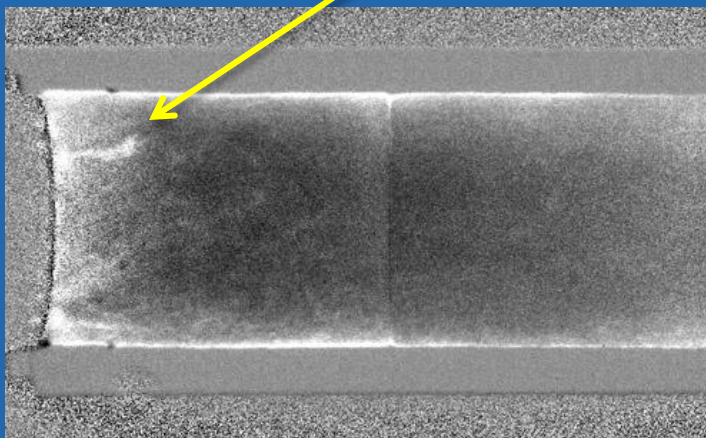
Поворотный Детектор

# Фильтрационные процессы

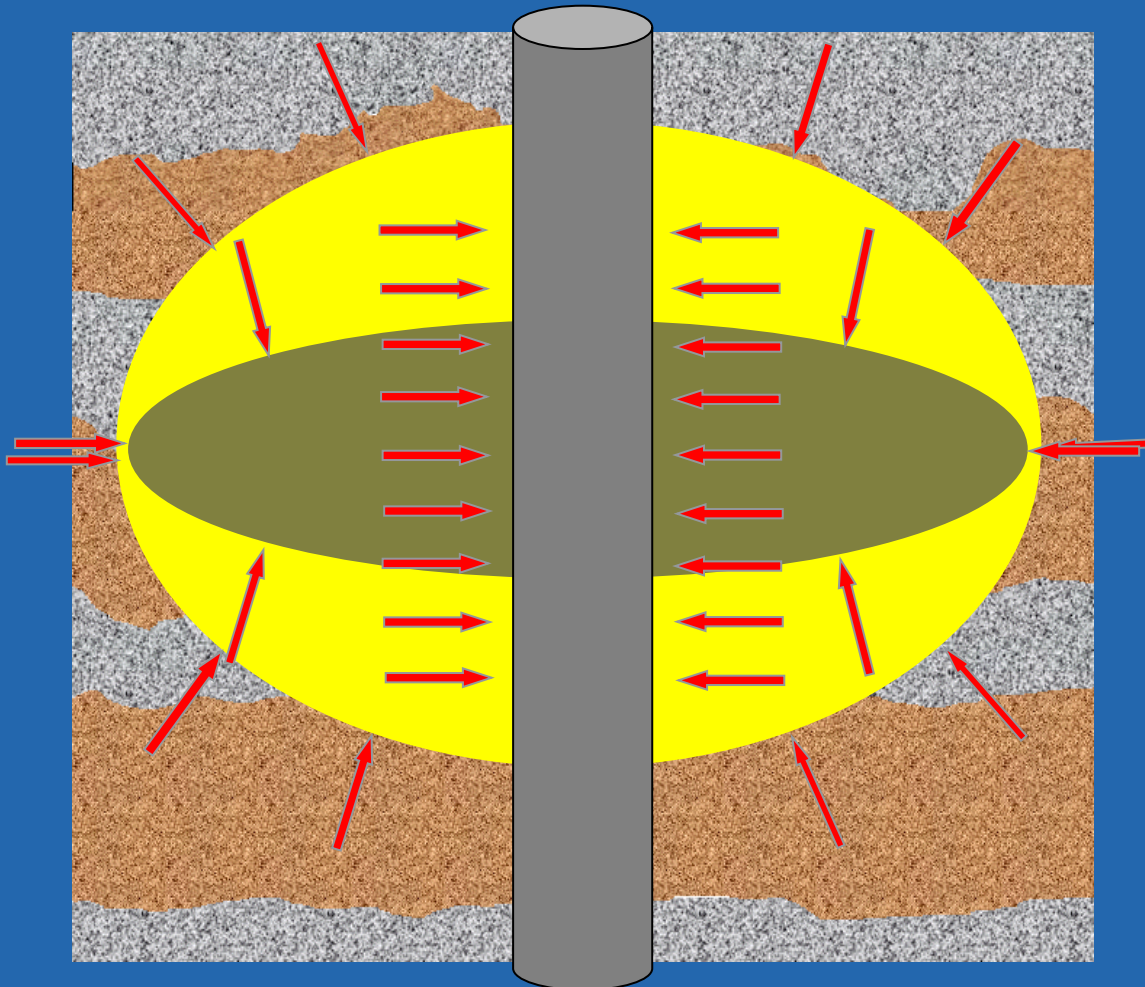


Фронт вытеснения  
нефти водой

Неоднородный поток на входе



# Технология Гидроразрыва Пласта



## Геометрия трещины:

- Моделирование эффектов неравномерного распределения пропанта
- Моделирование очистки трещины

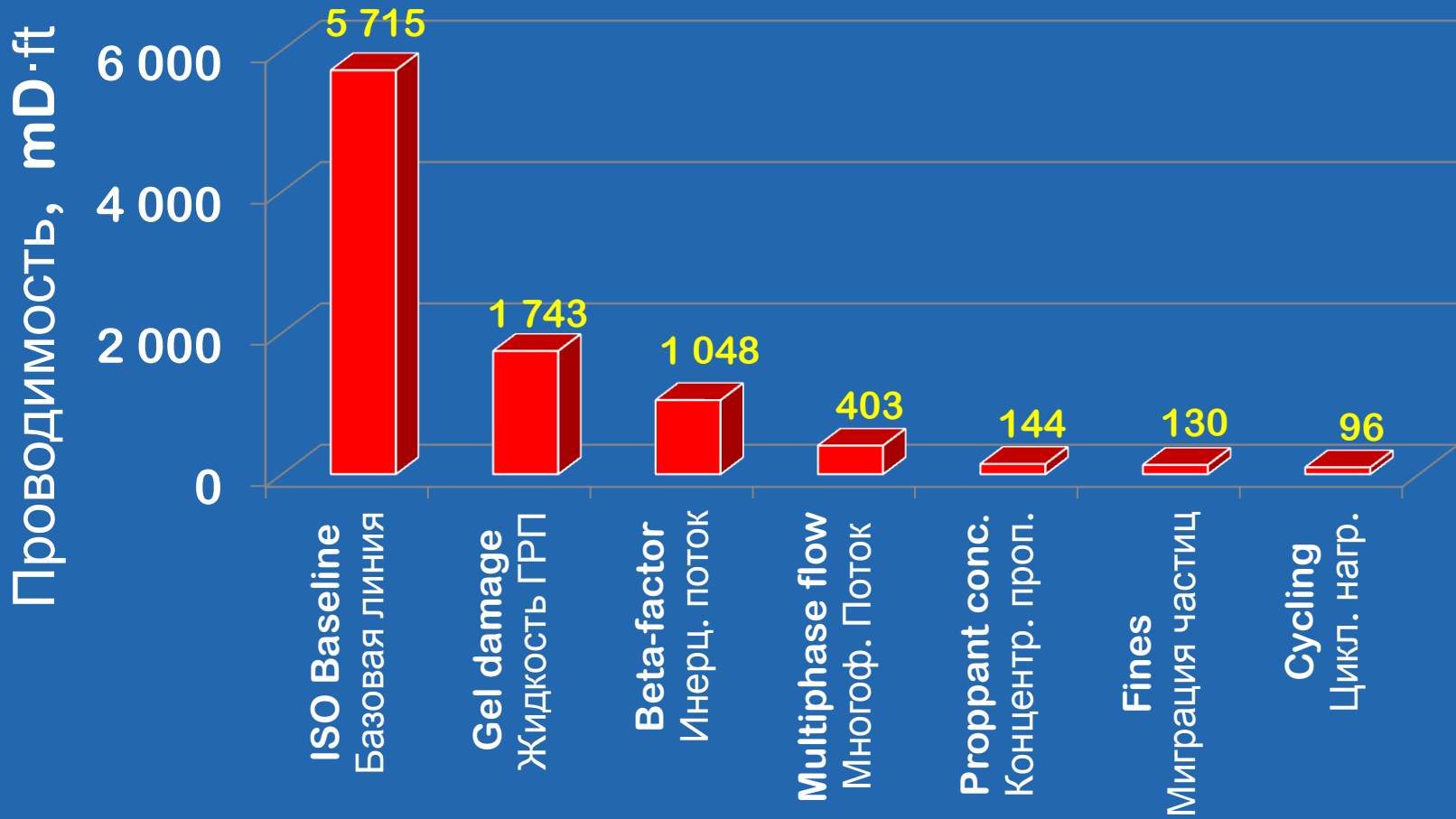
## Измеряемые параметры:

- Проводимость и проницаемость вдоль модели
- $\beta$ - и  $\gamma$ -фактор

## Визуализация:

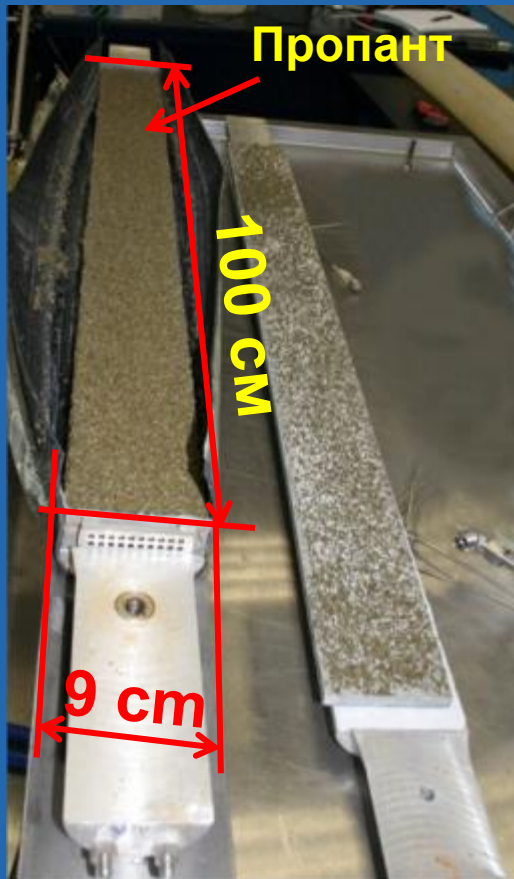
- Многофазные потоки
- Неоднородности потока и очистки трещины
- Граничные эффекты

# Технология Гидроразрыва Пласта



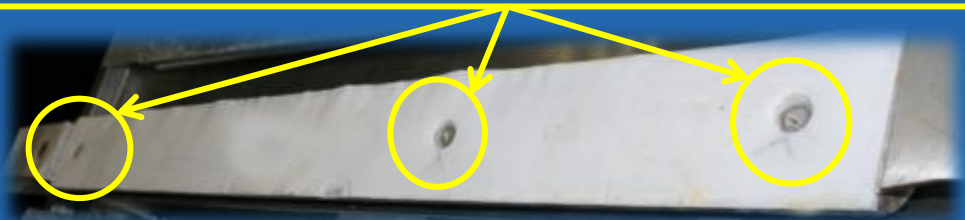
References: SPE 14133, 16415, 24008, 3298, 7573, 11634, 16912, 19091, 22850

# Кернодержатель



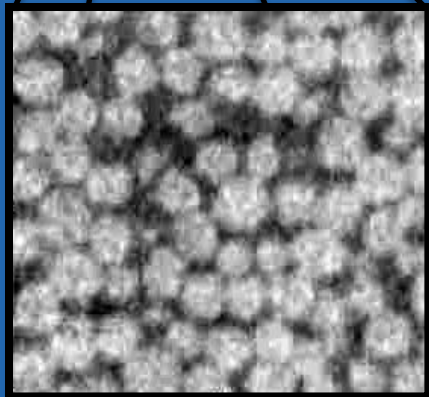
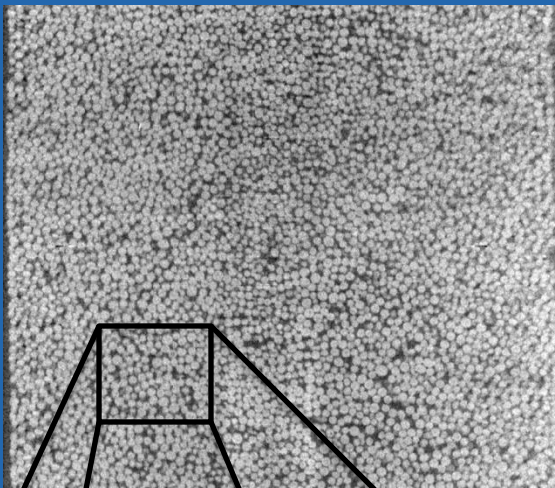
- Модель трещины:
  - Длина: 100 см
  - Ширина: 9 см
  - Толщина: 0-10 мм
- Давление обжима до 100 МПа
- Температура 20-150°C
- 8 портов для измерения перепада давления вдоль модели

Порты измерения перепада давления

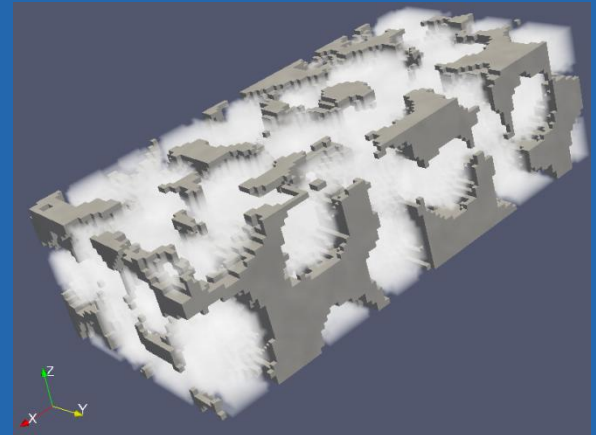
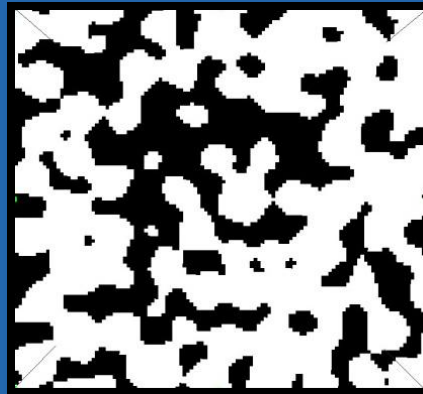


# Обработка восстановленных данных

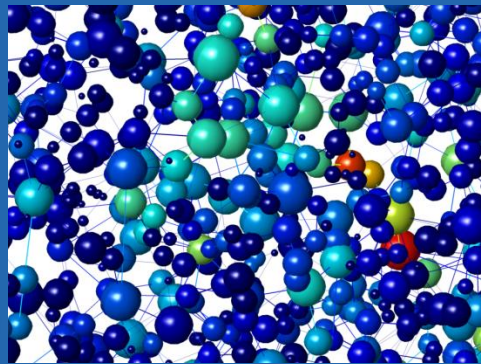
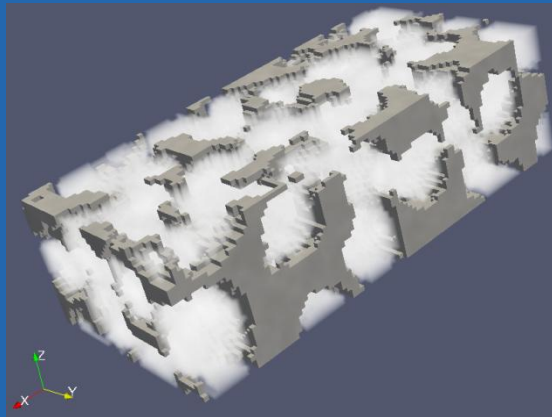
Продольный срез



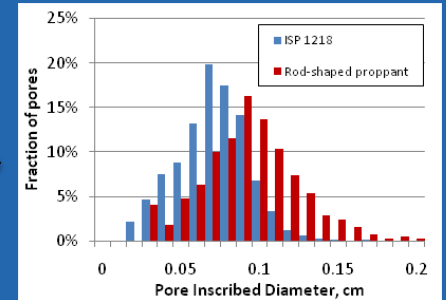
- Шумоподавление (анизотропная диффузия)
- Сегментация



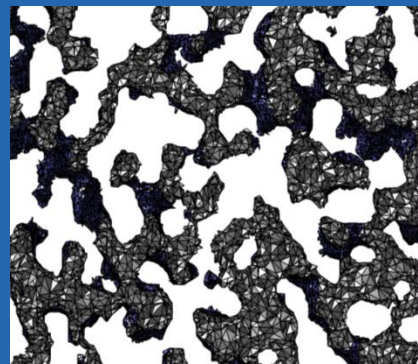
# Моделирование потока



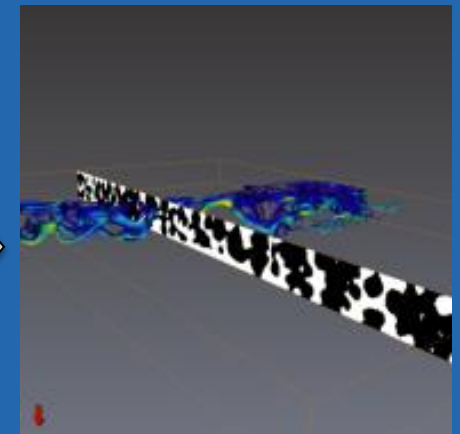
Модель сетчатой структуры



Геометрия порового пространства

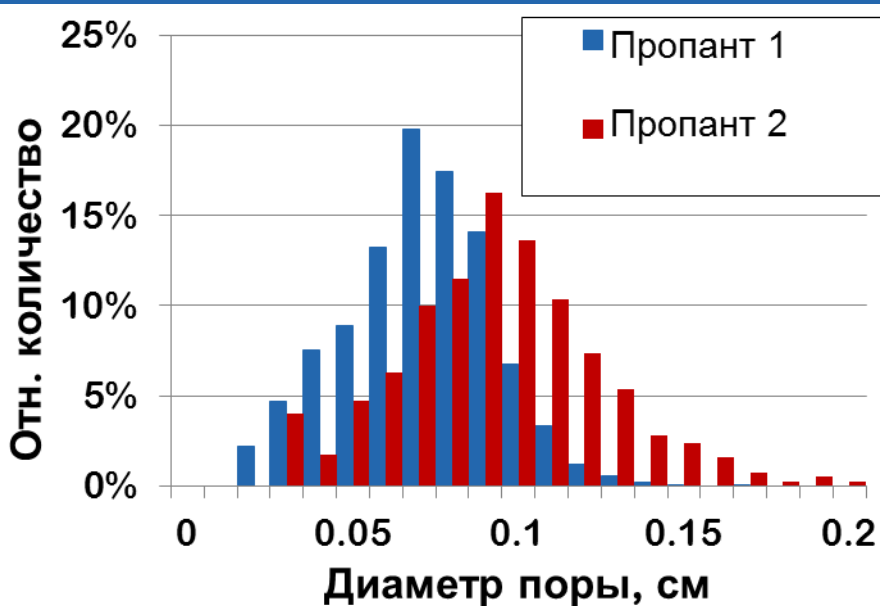


Поверхностная сетка



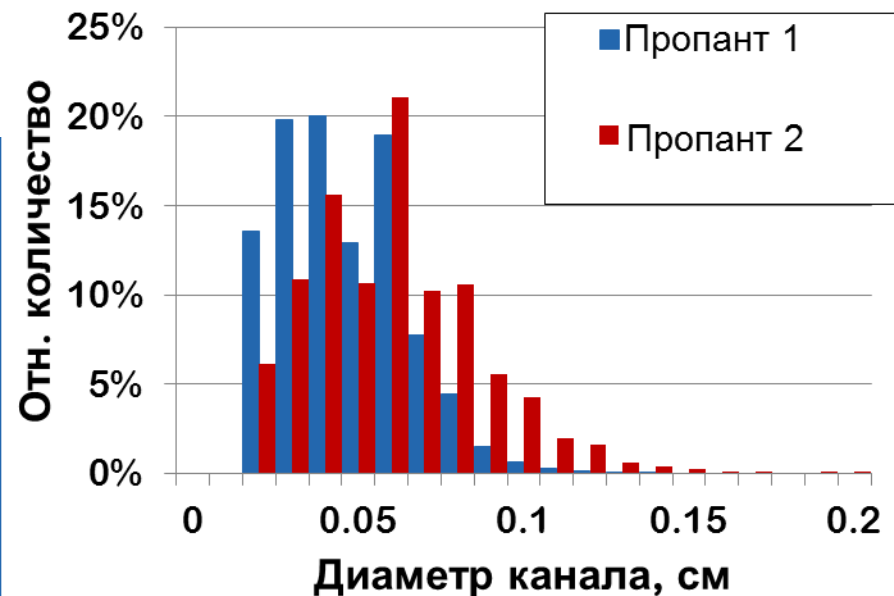
Поток через поровое пространство

# Геометрия порового пространства



На 34% больше средний диаметр пор

На 30% больше средний диаметр каналов





# Очистка трещины от жидкости ГРП

- Моделирование процесса очистки трещины от жидкости ГРП, 2 типа пропанта
- Иодид калия (KI) для увеличения контраста
- Промывка трещины керосином
- Измерение проводимости прямым методом и анализ по томографии



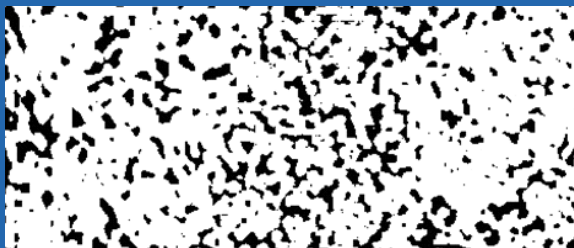
Загрузка пропанта с жидкостью ГРП

# Улучшенная очистка трещины ГРП

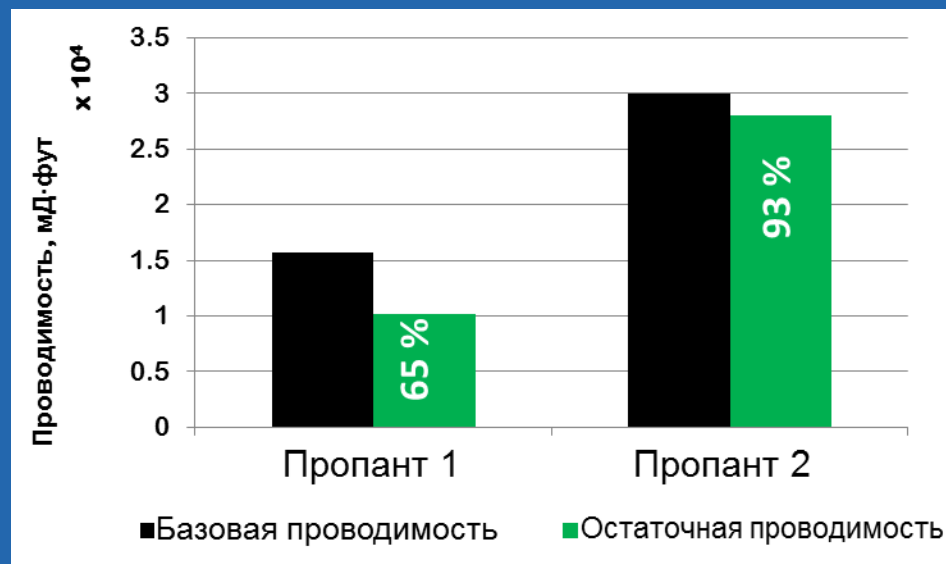
- Гель: сшитый, 40 lb/1,000 gal концентрация
- 4,000 Psi давление обжима



Пропант №1



Пропант №2



SPE 135360

# Заключение

- Рентгеновская томография в настоящее время широко применяется для исследований геологических образцов
- Рентгеновская томография:
  - Структурно-текстурные особенности строения горных пород, руд, минералов, твердых горючих ископаемых
  - Строения пустотного пространства нефтегазоносных пород
  - Фильтрационно-емкостные свойства пород
  - Методы увеличения нефтеотдачи (ПАВ, полимеры, кислотная обработка, ГРП, внутрислоевого горения и т.д.)
- Достоинства метода:
  - Неразрушающий контроль
  - Объект исследования не требует предварительной обработки
  - Качественные и количественные данные о процессах фильтрации

# Применение рентгеновской томографии для изучения керна и фильтрационных процессов

Черемисин Алексей, к.т.н.  
ЗАО «Геология»

Всероссийская научная конференция  
«Практическая микротомография»  
5-7 Декабря 2012, г. Казань