



# **Новые технологии 3D сейсморазведки для снижения геолого-техногенных рисков бурения при разведке карбонатных резервуаров**

Литвякова О.О.  
Птецов С.Н.  
Королев А.Е.



# Содержание

1. Задачи снижения рисков бурения при поглощении бурового раствора
2. Модель макрокаверн и макротрещин для карбонатных резервуаров
3. Примеры карстовых пещер в обнажениях рифов
4. Примеры обнаружения карстовых воронок на материалах 3D сейсморазведки, данных бурения и спец-методов ГИС



## Схематическая модель макрокаверн и трещин как продуктов образования карстовых воронок по разломам в рифах и над ними



- Выделяются 4 основных условия развития карста:
1. Наличие растворимых горных пород;
  2. Способность пород пропускать воду или водопроницаемость;
  3. Наличие движущейся воды;
  4. Способность воды растворять породы.

При отсутствии любого из них карст развиваться не будет



### Карстовая пещера в отложениях сирачойской свиты на правом берегу р. Седью

(выше автомобильного моста на автодороге Ухта-Войвож,  
фото Богданова Б.П.)

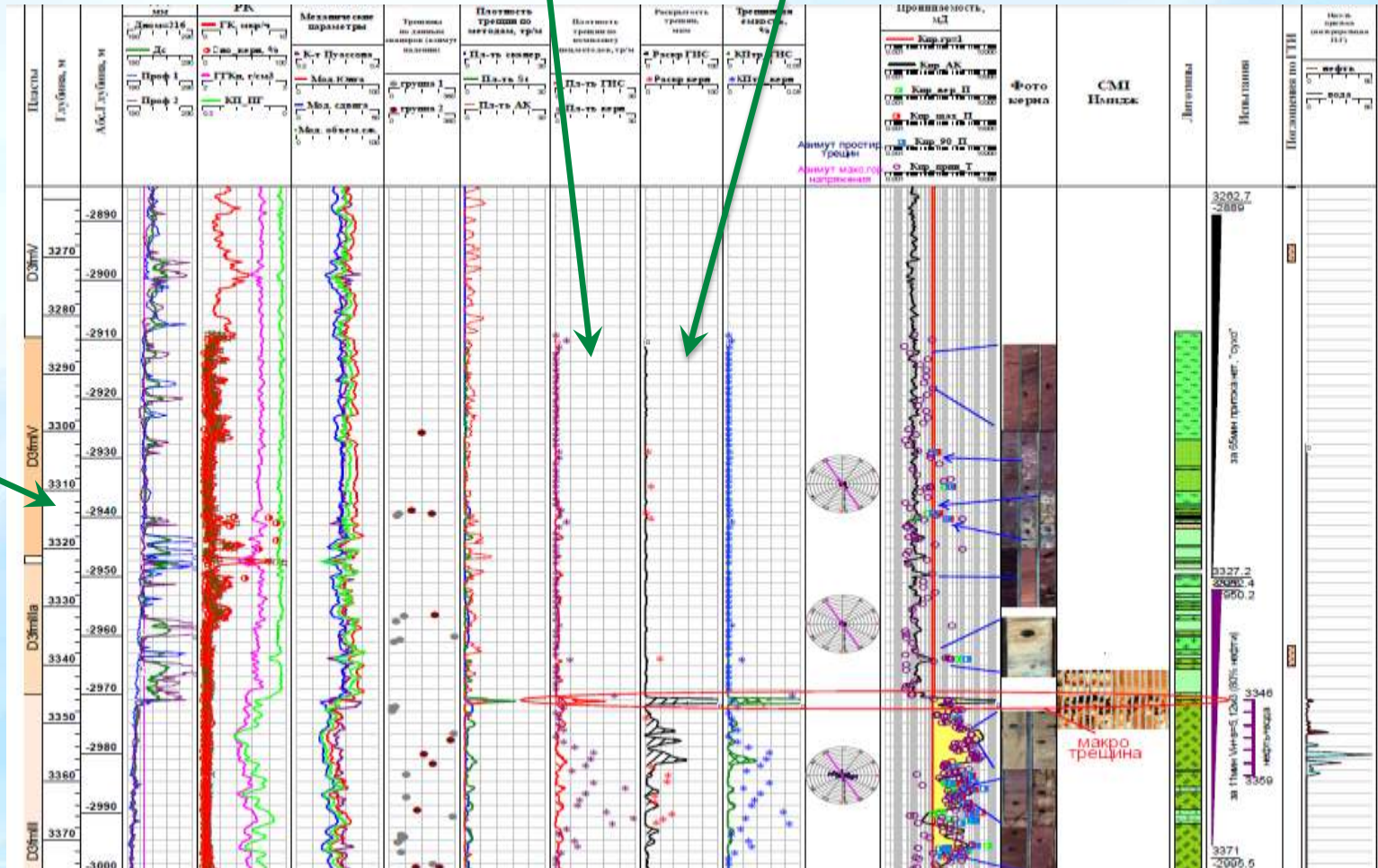


# Положение макротрещины на планшете спец-методов ГИС в скважине 2 (Е.П.Симоненко и С.С.Долгирев, Помор ГЕРС)

Плотность трещин

Раскрытость трещин

D3fm IV





## История поглощения бурового раствора в скважине 503

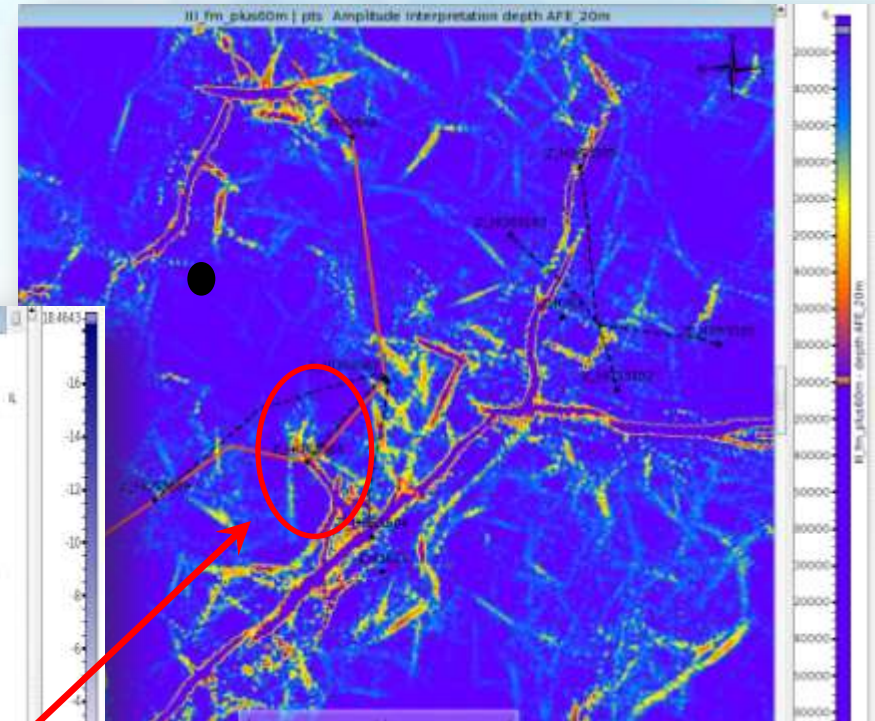
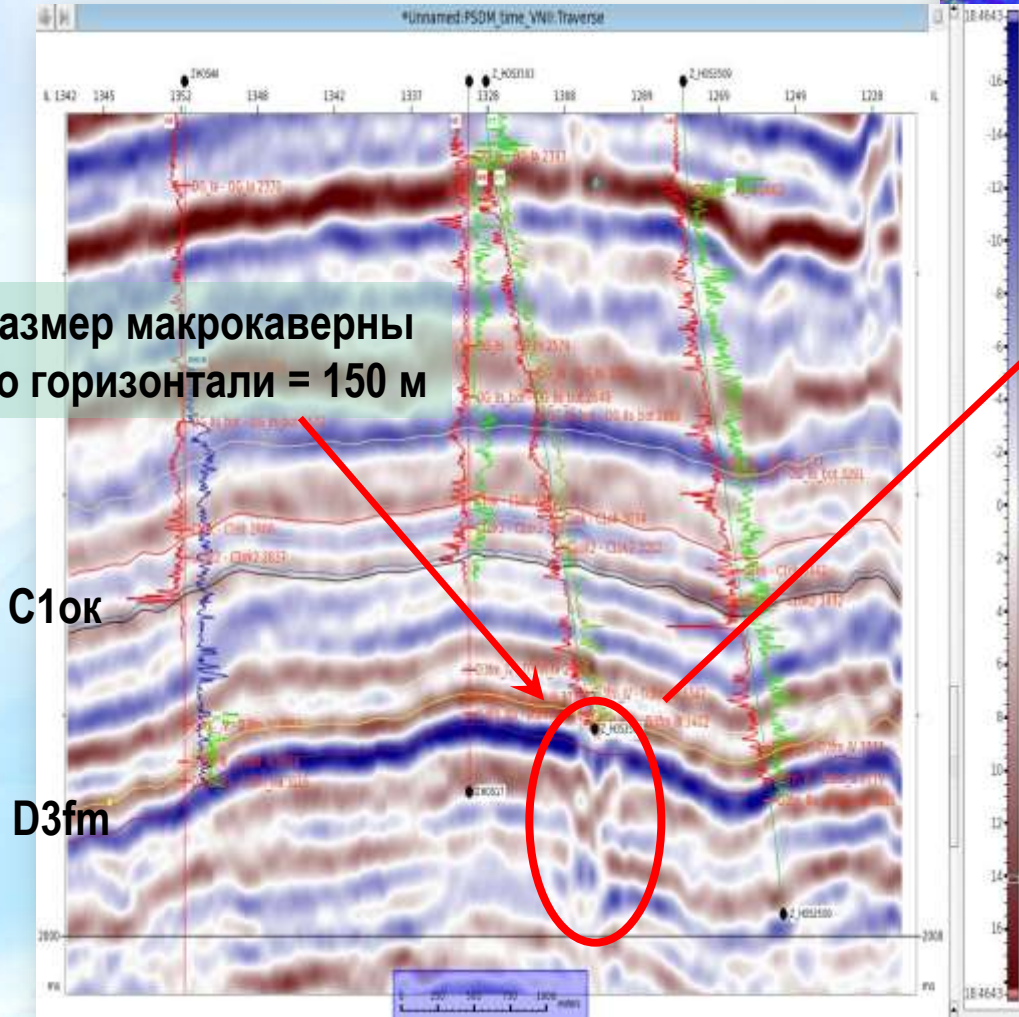
- На скв. №503 месторождения **20.08.2012** в **06:30** ч при достижении забоя 3354 м началось **поглощение бурового раствора интенсивностью от 50-60 м<sup>3</sup>/час до полного отсутствия выхода циркуляции**. Статический уровень за 6 часов упал более чем на 200 м.
- По возобновлению циркуляции с **4:45 до 6:45ч 21.08.2012** с одновременным углублением в интервале 3362-3368 м потери бурового раствора на поглощение составили 65 м<sup>3</sup>. 21.08.2012 в 20:30 произведена закачка на основе бурового раствора очередная пачка ВУРа в объеме 15 м<sup>3</sup> с реагентом SB LCC 150 кг и установкой её в призабойную зону.
- Проведена запись ГИС в 13:20 (ГК, фоновый термометр, резистивиметрия).
- При проработке в интервале 2970-3120 м отмечено частичное поглощение бурового раствора с увеличением интенсивности от 2 м<sup>3</sup>/ч-6 м<sup>3</sup>/ч. При подъеме инструмента на глубине **3093 отмечена затяжка до 20 тонн сверх собственного веса**.
- **01.09.2012 с 00:00-4:25** поглощение за сутки 60 м<sup>3</sup> бурового раствора. Приготовлено 80 м<sup>3</sup> бурового раствора для пополнения объемов.
- С **9:50 09.09.12 до 4:30 10.09.2012** при шаблонировании ствола скважины и во время подъема перед спуском ЭК производился постоянный долив скважины тех.водой 1,02 г/см<sup>3</sup> +30м<sup>3</sup> бурового раствора  $\rho=1,04$  г/см<sup>3</sup>. В период с 04-10.09.2012 было затрачено 3000м<sup>3</sup> тех воды.
- **10.10.12** наблюдение за притоком из скважины перелива не отмечается приступили к дальнейшему спуску эксплуатационной колонны.

Внеплановые затраты хим.реагентов и материалов составляют: 30.08.12г Коелга CARB м-60 12тонн, 31.08.12г. Коелга CARB м-60-80 тонн, BENTEX-1тонна



# Выявление зоны поглощения бурового раствора в пласте D3fm (Птецов С.Н., 2013г)

Размер макрокаверны по горизонтали = 150 м

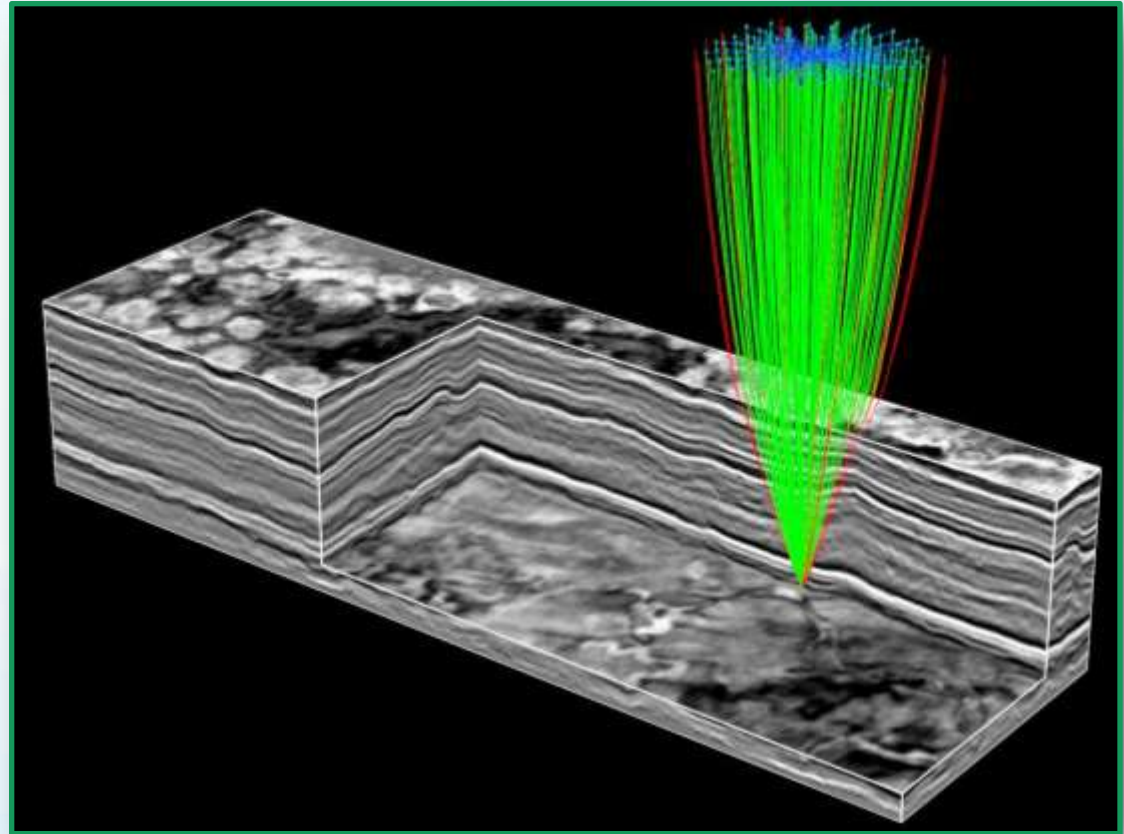
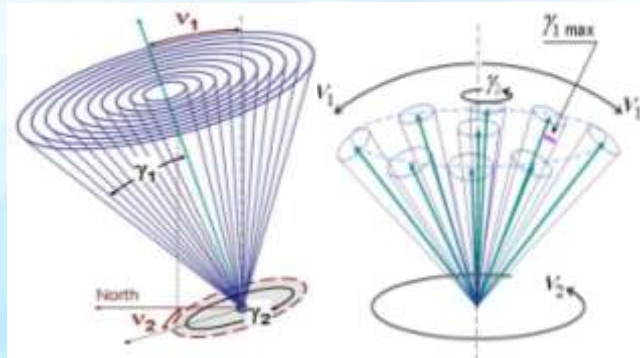
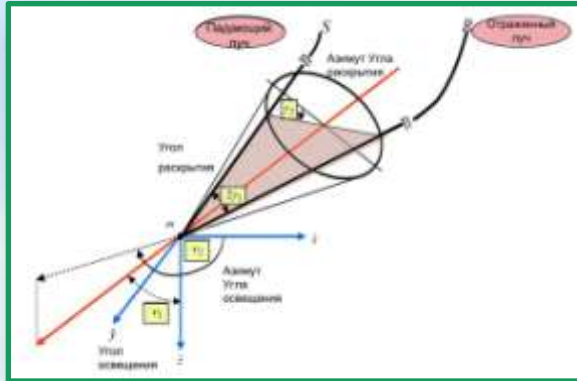


Положение скважины на фрагменте карты плотности трещин для пласта D3fmI





# Полноазимутальная миграция по общему углу отражения



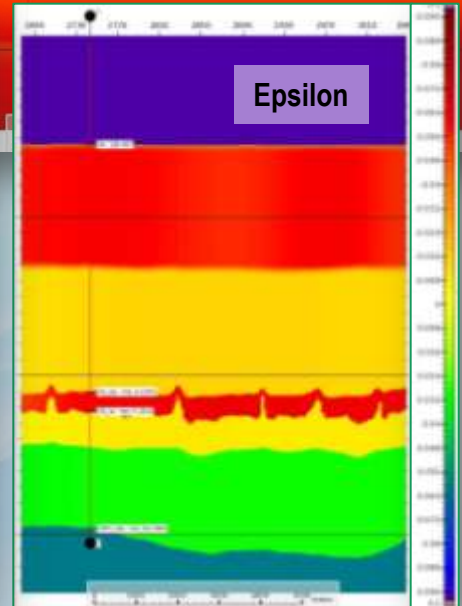
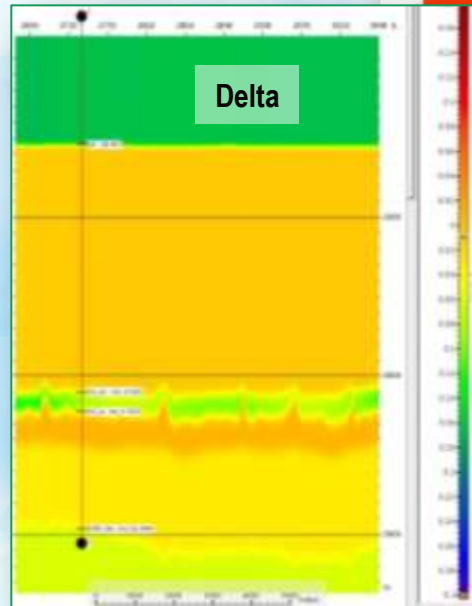
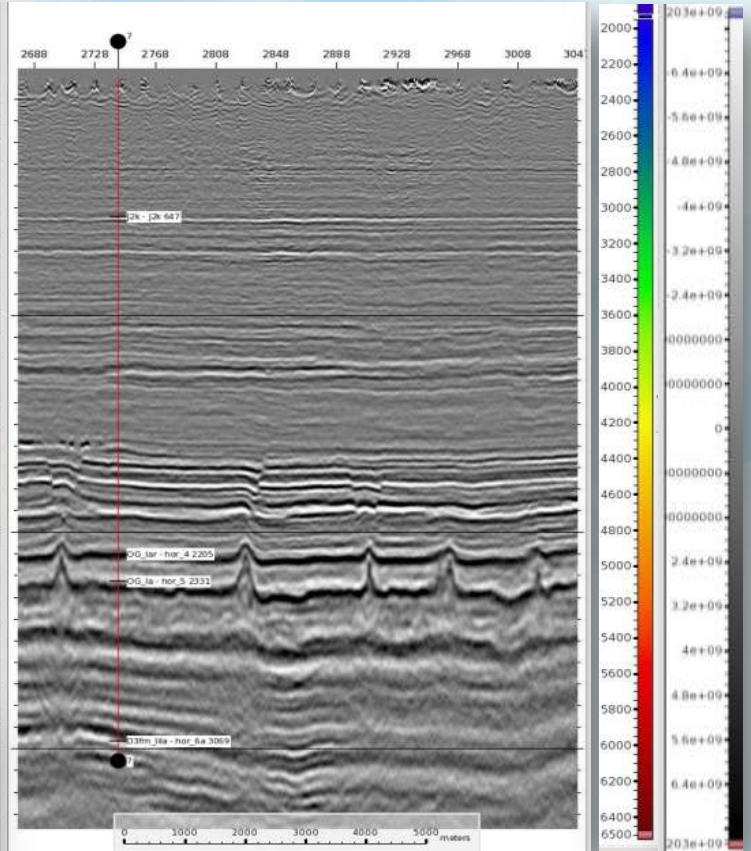
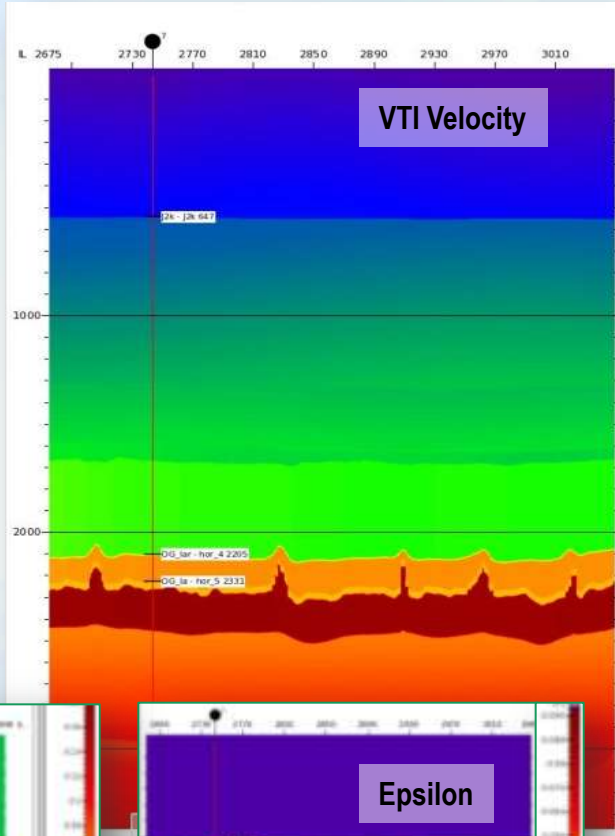
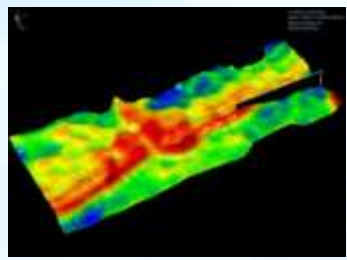
$\gamma_1/\gamma_2$  угол/азимут освещения  
 $V_1/V_2$  угол/азимут рассеяния

- Корректное разделение зеркальной и рассеянной компонент
- Анализ азимутальной анизотропии
- Реализация «многопутья»
- Восстановление амплитуд

# Построение анизотропной ГСМ



$$V_{nmo} = V_{ver} * \sqrt{1 + 2\delta}$$
$$V_{hor} = V_{ver} * \sqrt{1 + 2\epsilon}$$

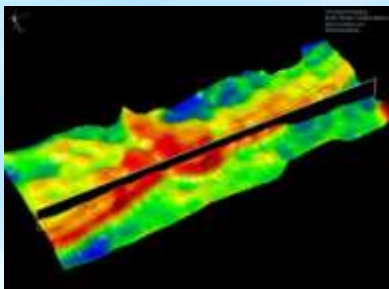
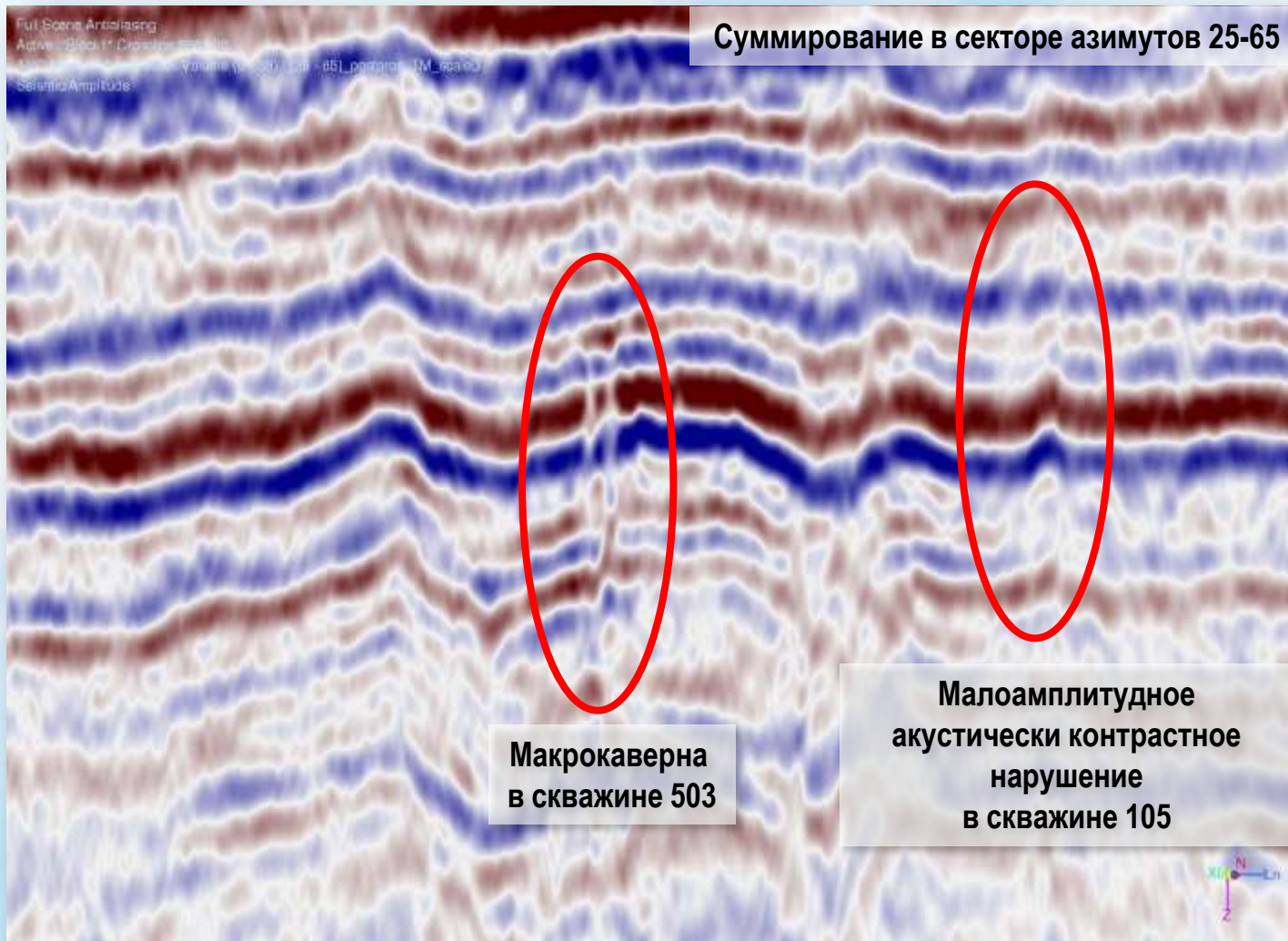
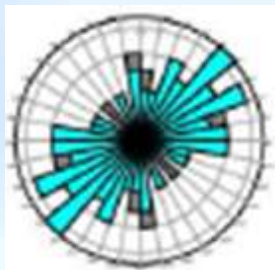








# Сопоставление результатов миграции по общему углу отражения в различных диапазонах азимутов



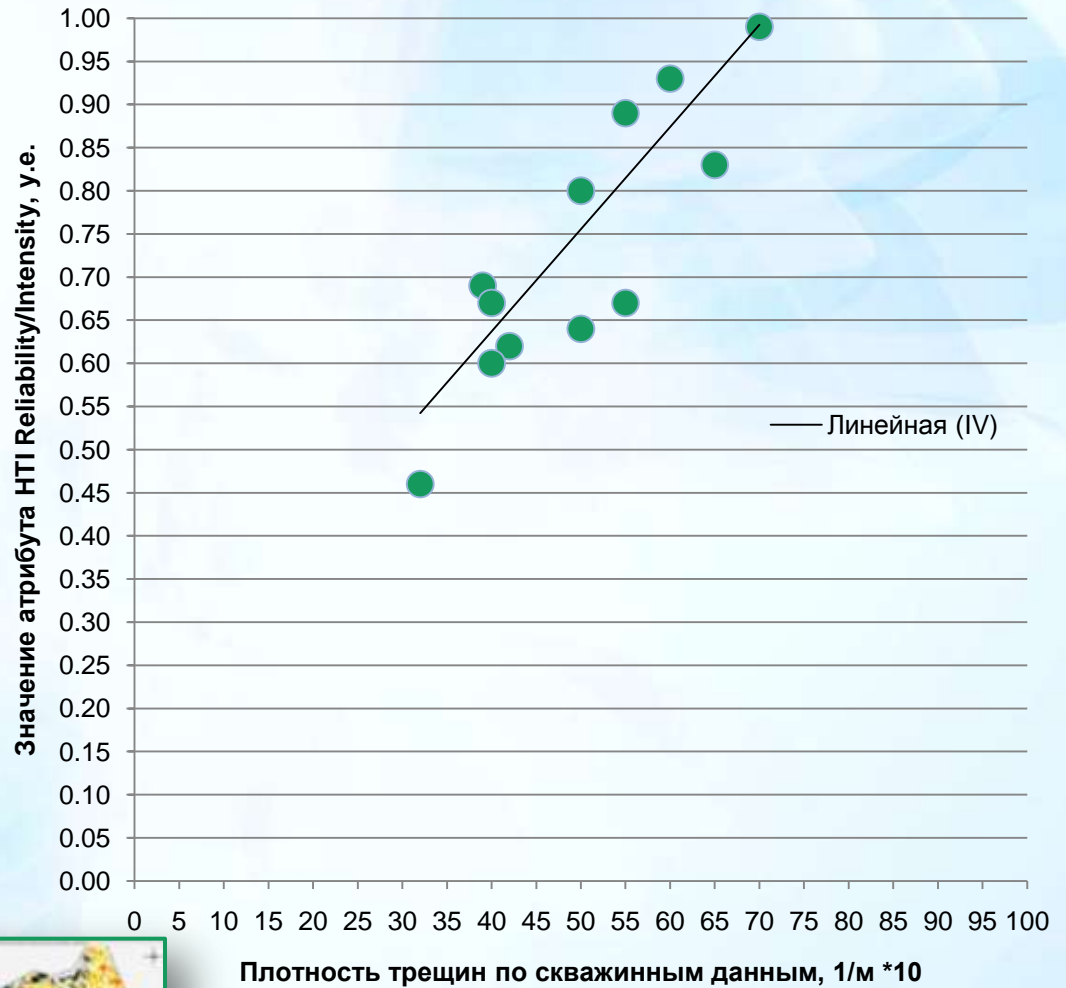


# Азимутально-зависимый анализ амплитуд

## Сопоставление HTI Reliability со скважинными данными

### Трещиноватость. Пласт D3fmIV

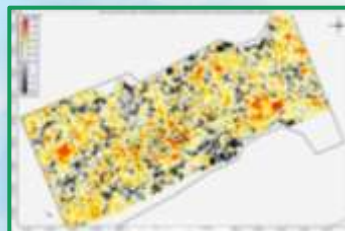
№ скважины	Плотность трещин по скважинным данным, $1/\text{м} * 10$	HTI Reliability, у.е.
105	70	0,99
302	55	0,67
301	42	0,62
205	55	0,89
1003	60	0,93
104	50	0,80
318	65	0,83
504	40	0,60
507	39	0,69
810	32	0,46
1001	50	0,64
106	51	1,02
107	40	0,67



**Корреляция = 0.78**

$$\text{HTI Reliability} = \frac{E(\text{Ganiso})}{E(\text{G})}$$

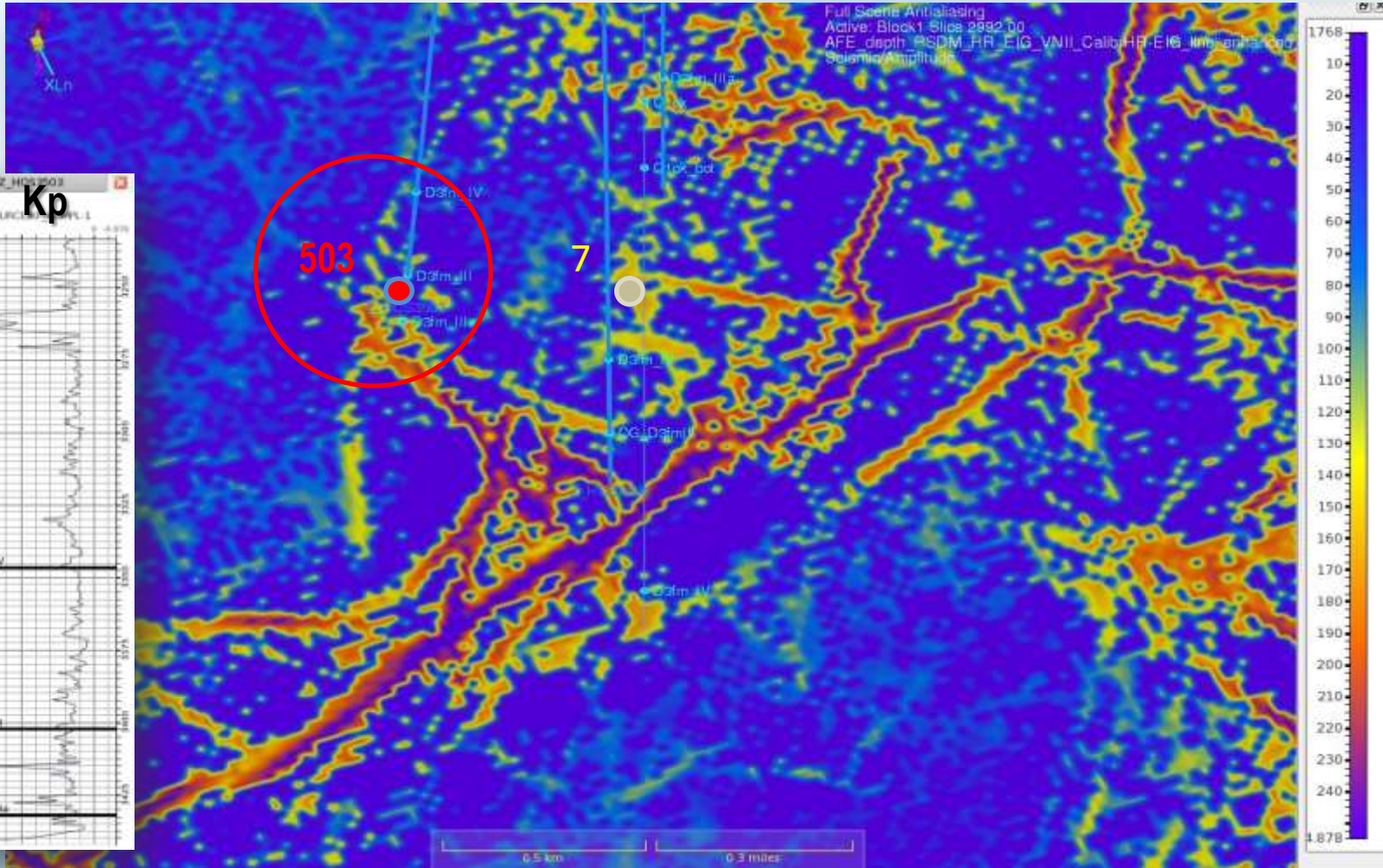
Ganiso – anisotropic gradient  
 G – gradient  
 E – envelope





СКВ 503

# Поведение сейсмического атрибута когерентности в зоне под макрокавернами и трещинами (Птецов С.Н., 2014)



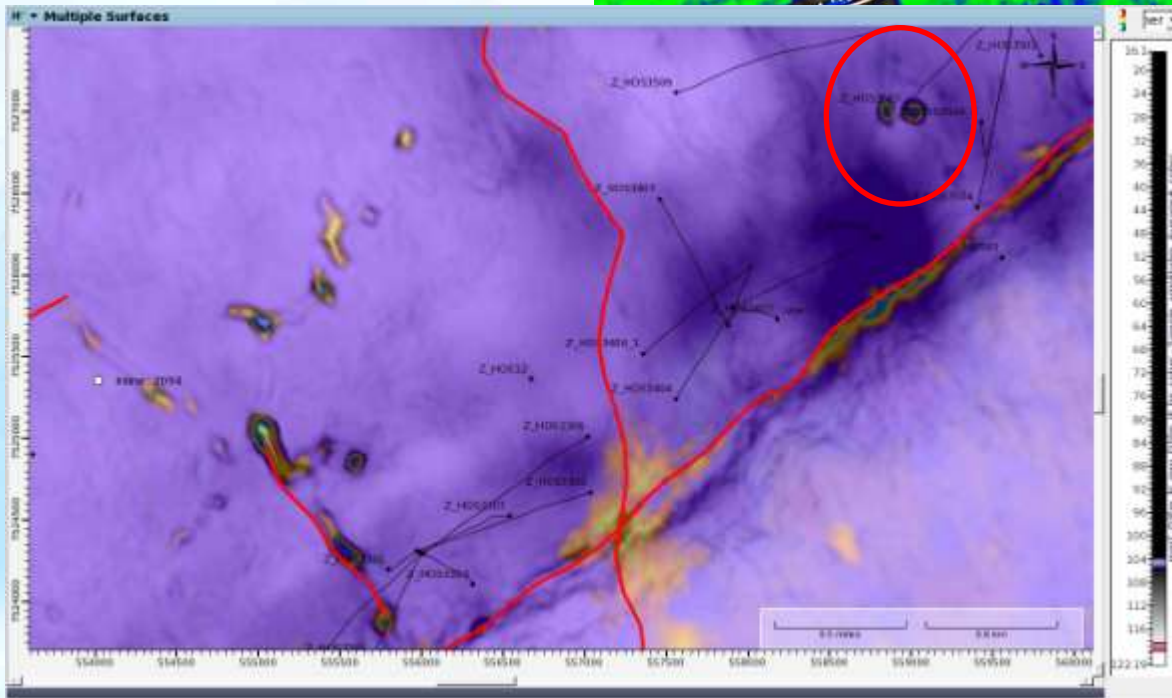
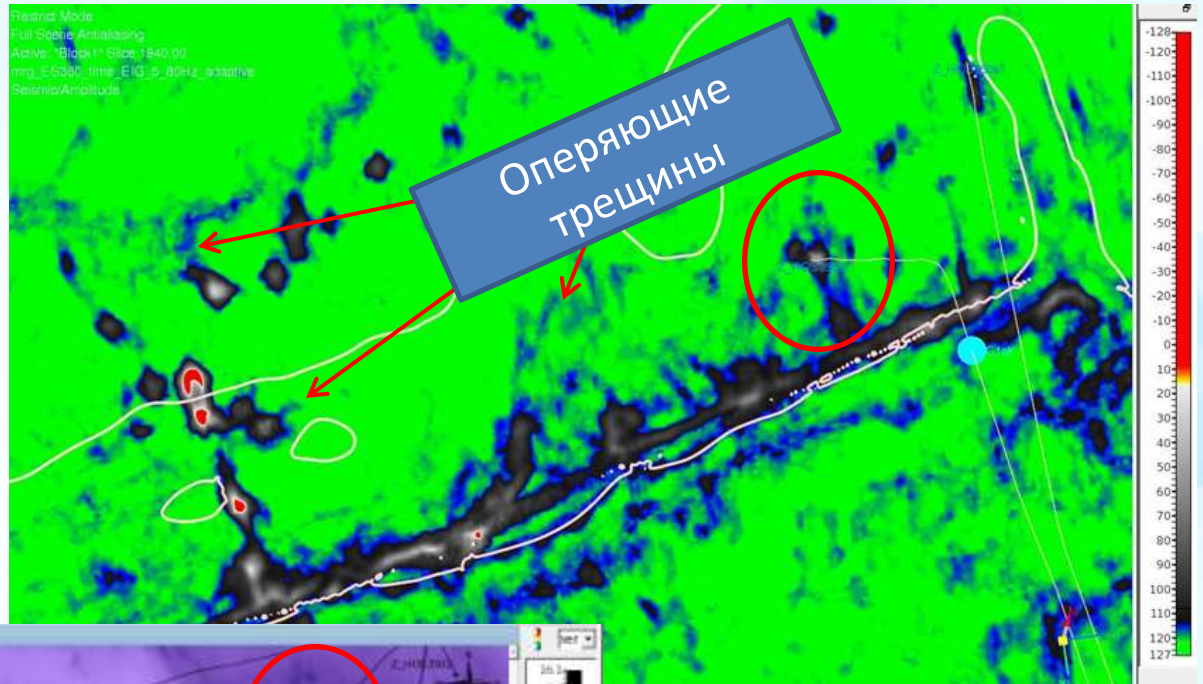
Глубина MD,m

Сечение глубинного куба когерентности на глубине 3440 m



## Спектральная декомпозиция резонансных частот после полноазимутальной глубинной миграции

Цветовое смешение карт амплитуд на  
резонансных частотах в диапазонах  
частот 5-80 Гц и 40-80 Гц и карты  
когерентности

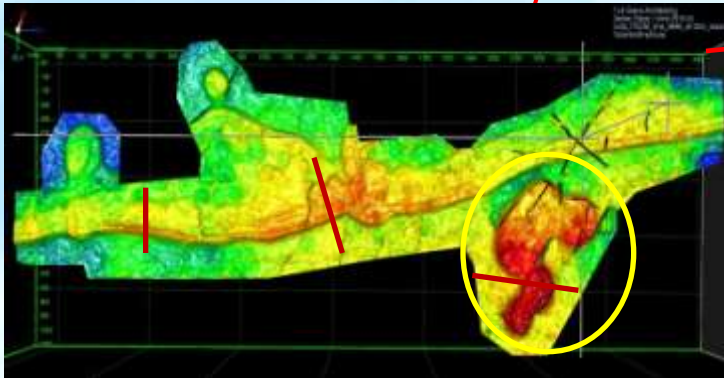
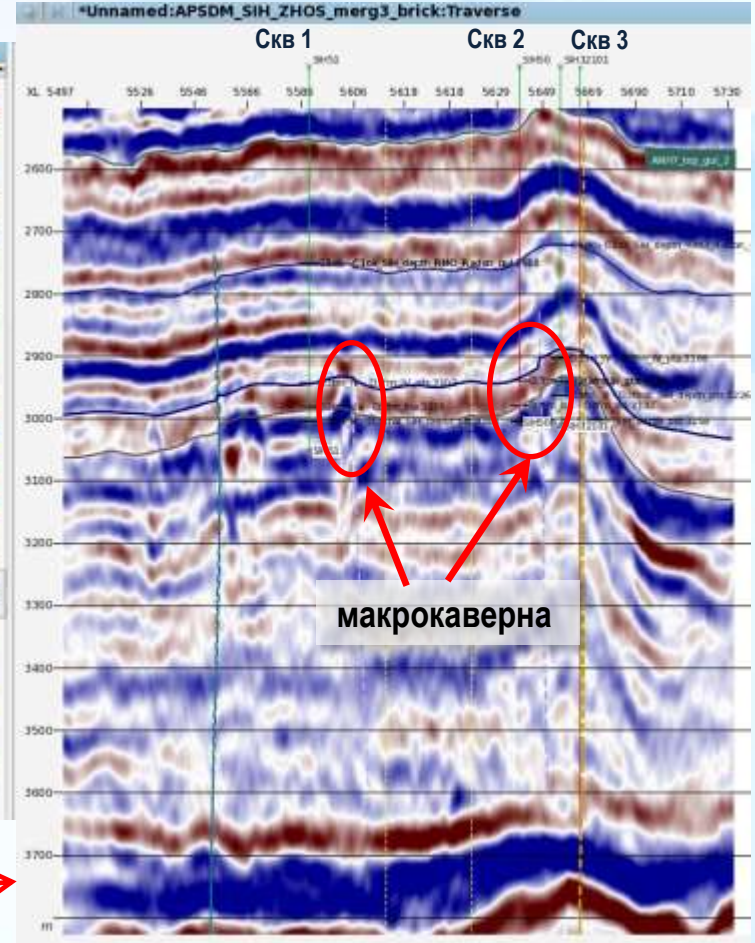
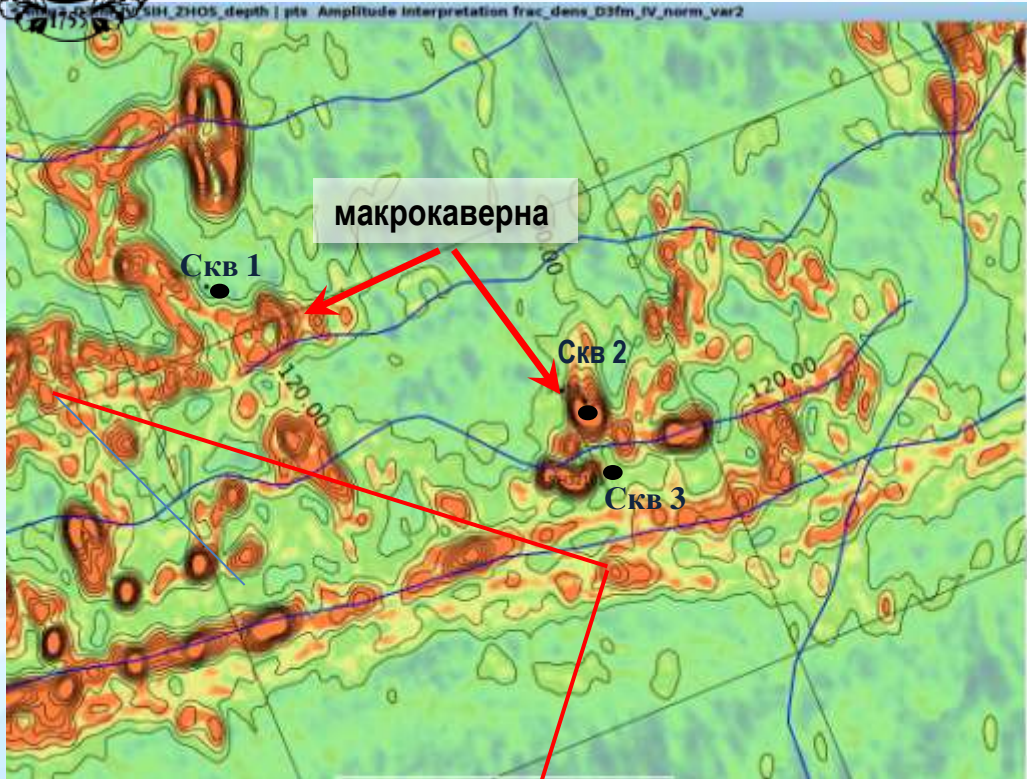


Горизонтальный срез куба  
спектральной декомпозиции  
резонансных частот 40-80 Гц  
после глубинной миграции  
ES360 под макроаверной  
(H=1940 м)





# Отображение в рифах макрокаверн на карте когерентности и сечении мигрированного куба



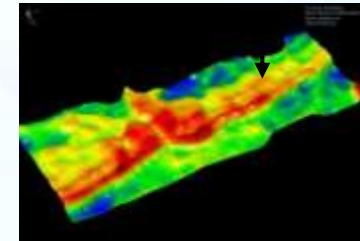
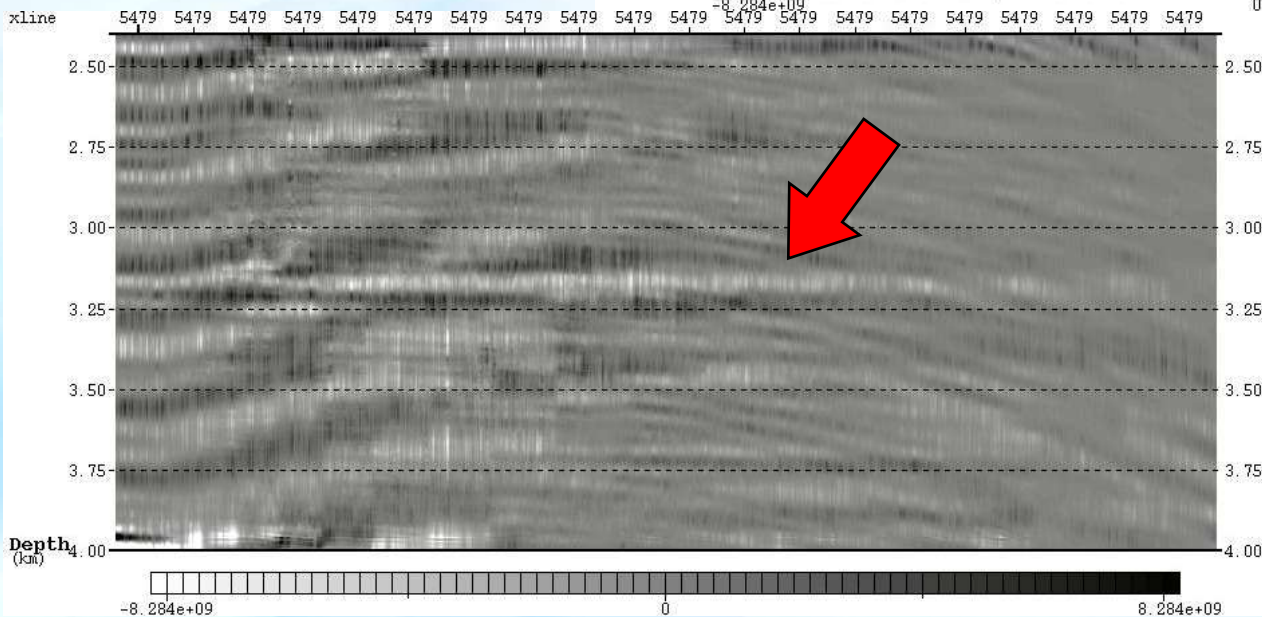
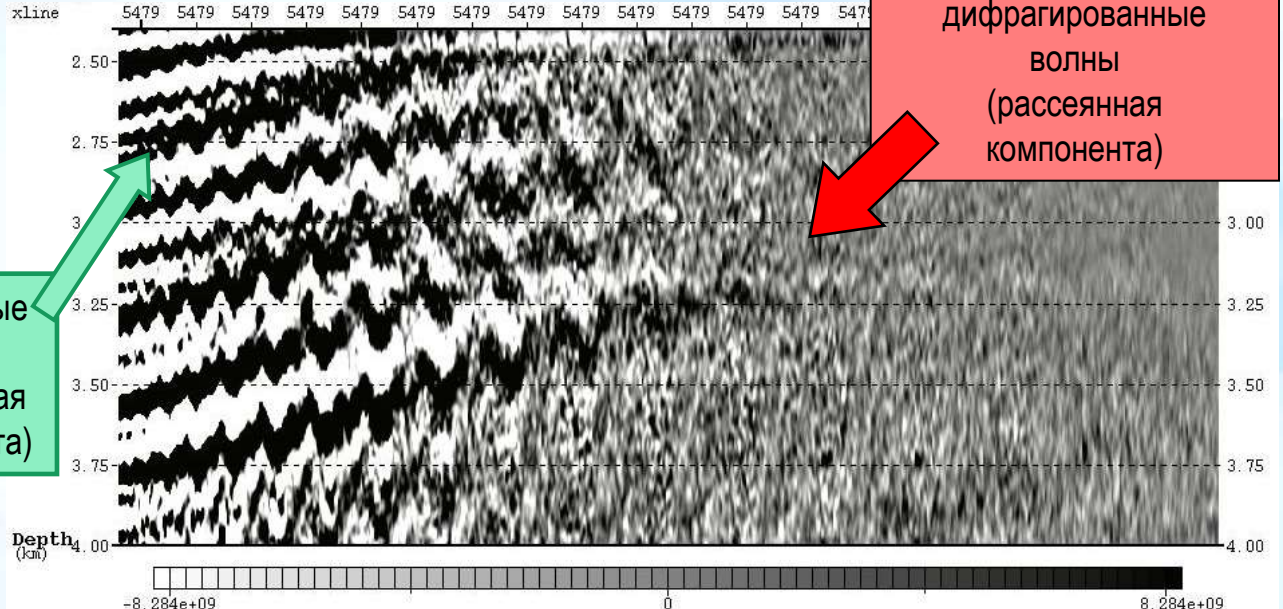
В скв. 2 – прихват бурового  
инструмента более 25 тонн

Траверс через скважины





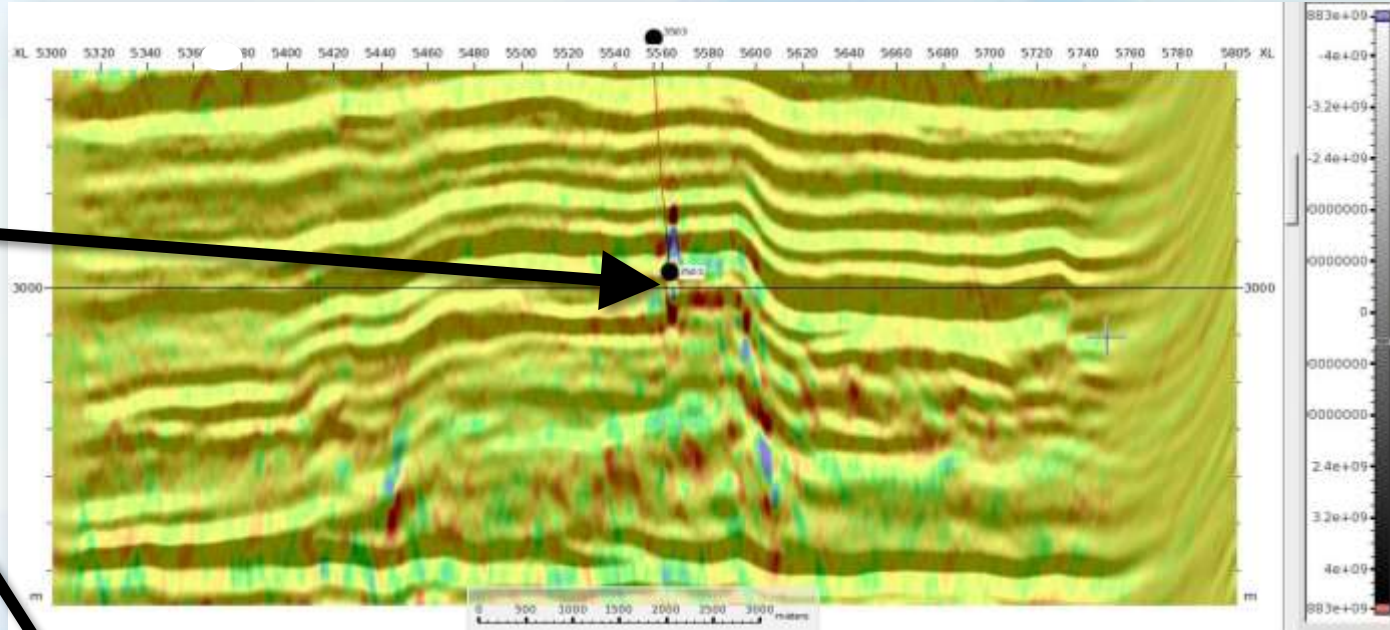
# Выделение рассеянной компоненты волнового поля Концевые дифрагированные волны



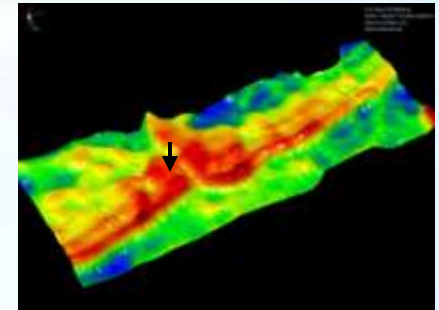
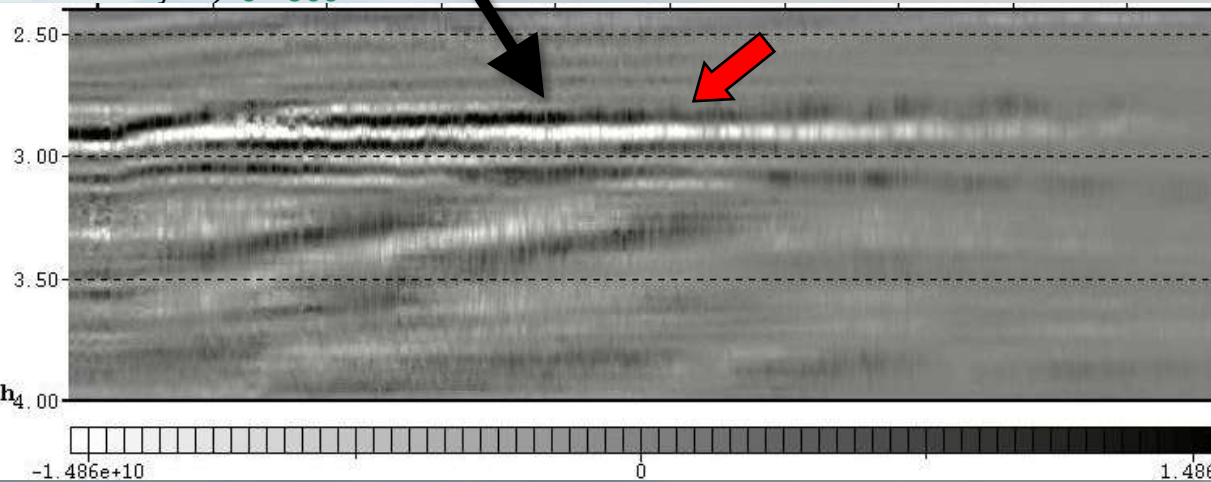


# Выделение рассеянной компоненты волнового поля Концевые дифрагированные волны

Доказанная  
каверна  
(в точке  
скважины)



угол  $v_1$  0 - 60  
азимут  $v_2$  0 - 360





## Выводы

1. Макрокаверны и макротрещины как продукт образования карста в рифах могут эффективно выделяться на данных 3D сейсморазведки, ГИС и бурения;
2. Прогнозирование каверн необходимо для снижения геологического риска бурения, локализации проницаемых зон и прогноза каналов обводнения залежей ниже каверн под ВНК;
3. Полноазимутальная миграция и спектральная декомпозиция резонансных частот существенно повышают четкость отображения и детальность каверн;
4. Данные бурения (поглощение бурового раствора, ГТИ, данные спец-методов) подтверждают сейсмический прогноз наличия каверн и зон трещиноватости;
5. Наиболее уверенное обнаружение макрокаверн возможно по атрибутам когерентности, скоростям продольных волн и дифрагированным волнам.



**Спасибо за внимание!**