

ЗАО “Градиент”

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВЕННОГО
НАПРАВЛЕНИЯ ТРЕЩИНОВАТОСТИ
НА ОСНОВЕ ПОЛНОВОЛНОВОГО ЧИСЛЕННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН И МЕТОДА
МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ**

Биряльцев Е.В., Рыжов В.А., Камилев М.Р.

г. Москва,
Гальперинские чтения - 2014

Результат исследований – площадное распределение:

1. Доминирующего направления трещиноватости
2. Полей микросейсмической активности

Информация востребована при:

1. Проектировании ГРП
2. Проектировании ствола горизонтальной скважины

Метод полноволновой локации (Full-Wave Location (FWL))

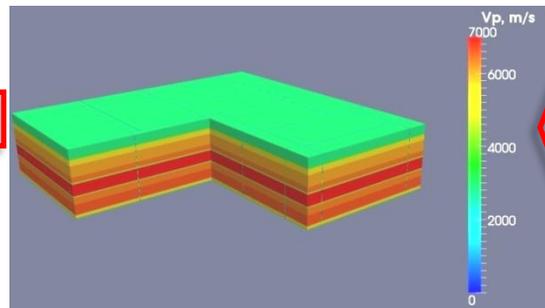
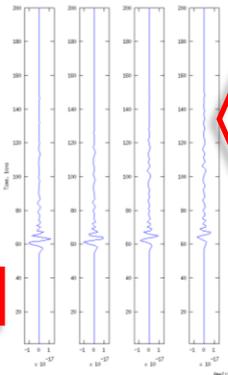
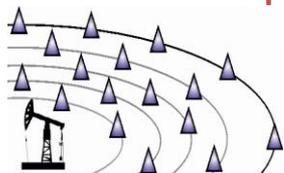


3D полноволновое моделирование

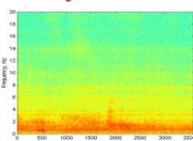
Проектирование,
регистрация
перфорации и
процесса ГПП

Модельные сигналы

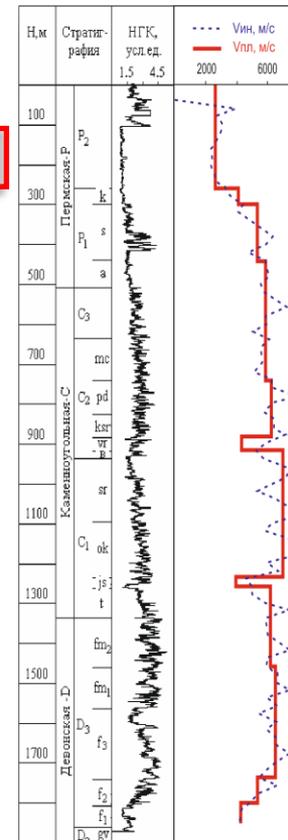
Базовая 3D-скоростная
численная модель



Обработка

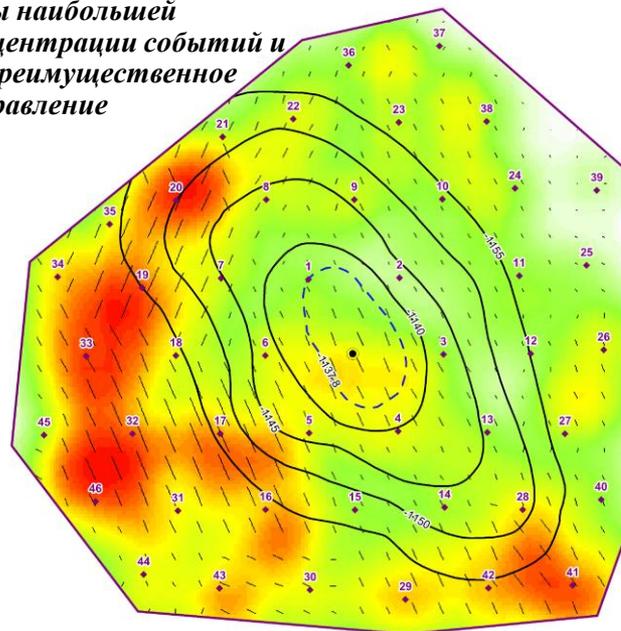
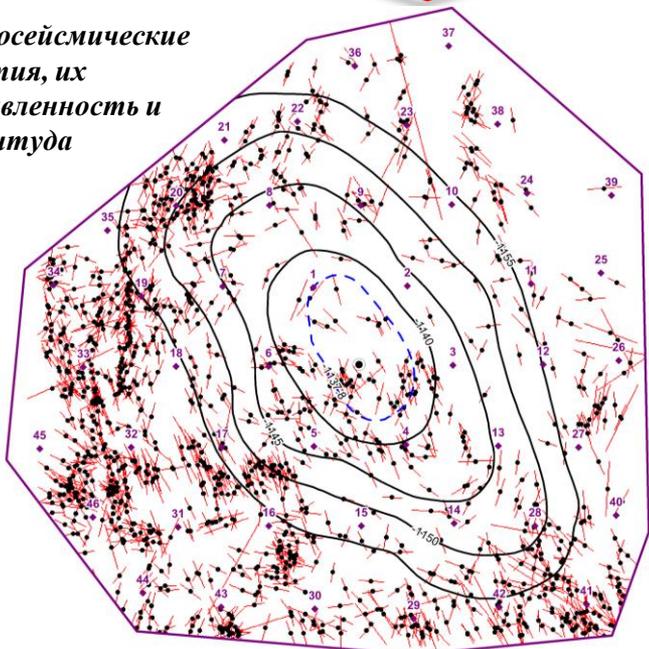


Метод
максимального
правдоподобия



Микросейсмические
события, их
направленность и
амплитуда

Зоны наибольшей
концентрации событий и
их преимущественное
направление



логарифм микросейсмической активности, у. е.

Основные преимущества метода FWL

- ✓ **Выполняется с дневной поверхности на оборудовании сейсмологического класса.**
- ✓ **Применяется 3D полноволновое численное моделирование для получения в местах установки датчиков 3х компонентных откликов модели на импульсные воздействия в пласте.**
- ✓ **Для локализации событий применяется метод максимума правдоподобия, который использует полную форму сигналов и наилучшим образом локализует событие при низком отношении сигнал/шум.**

Аппаратура

Техническая оснащённость полевого отряда

Трехкомпонентный широкополосный сейсмометр СМЕ-4111-LT



Трехкомпонентный широкополосный сейсмометр LE-3Dlite

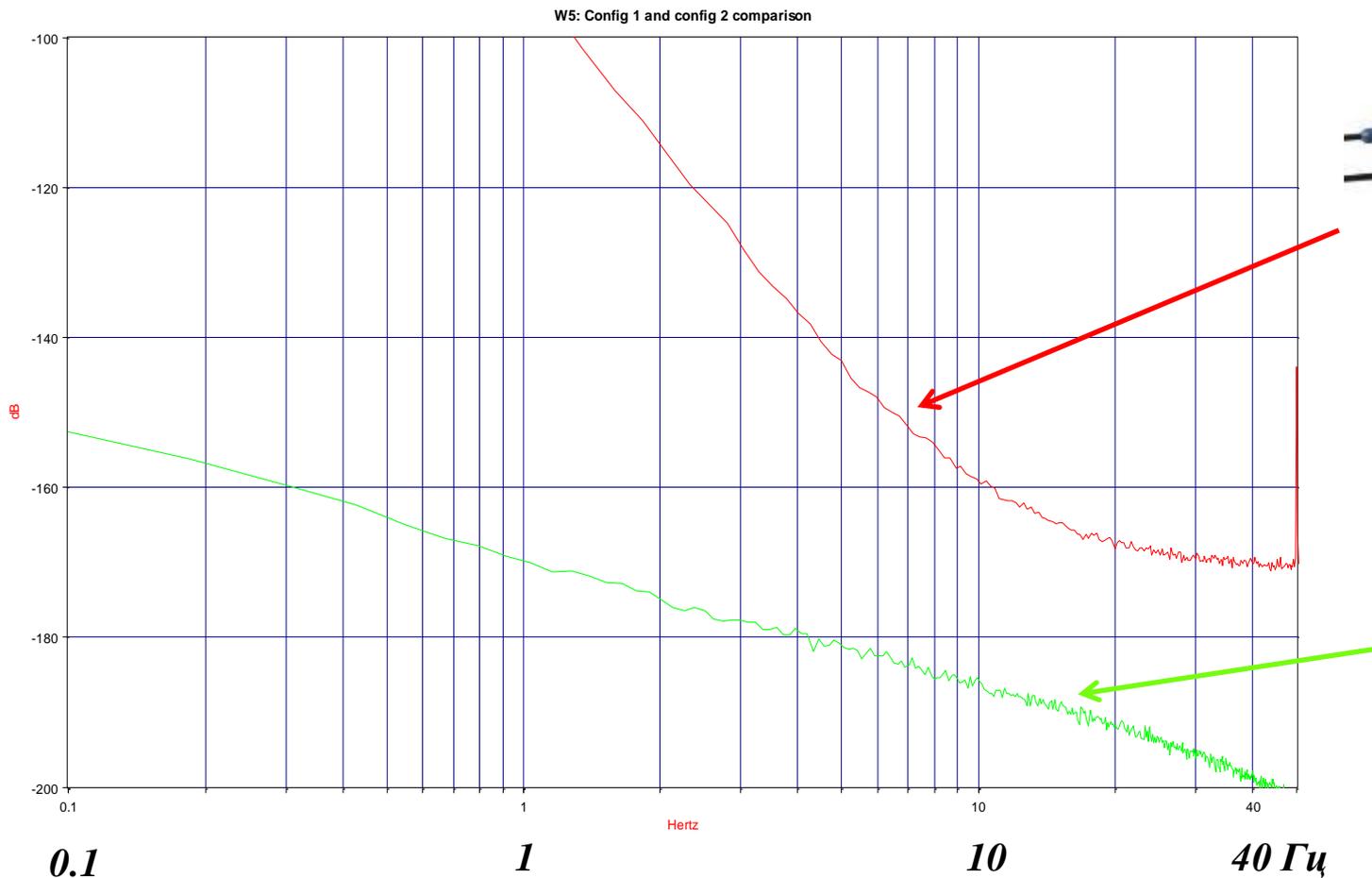


Регистратор «Байкал-АСН88».



Сравнение аппаратуры

Оценка собственных шумов сейсмологической (СМЕ-4111-LT) и сейсморазведочной (GS-20) аппаратуры



Сравнение аппаратуры

*Сравнение собственных шумов сейсмологической (СМЕ-4111-LT)
и сейморазведочной (GS-20) аппаратуры*

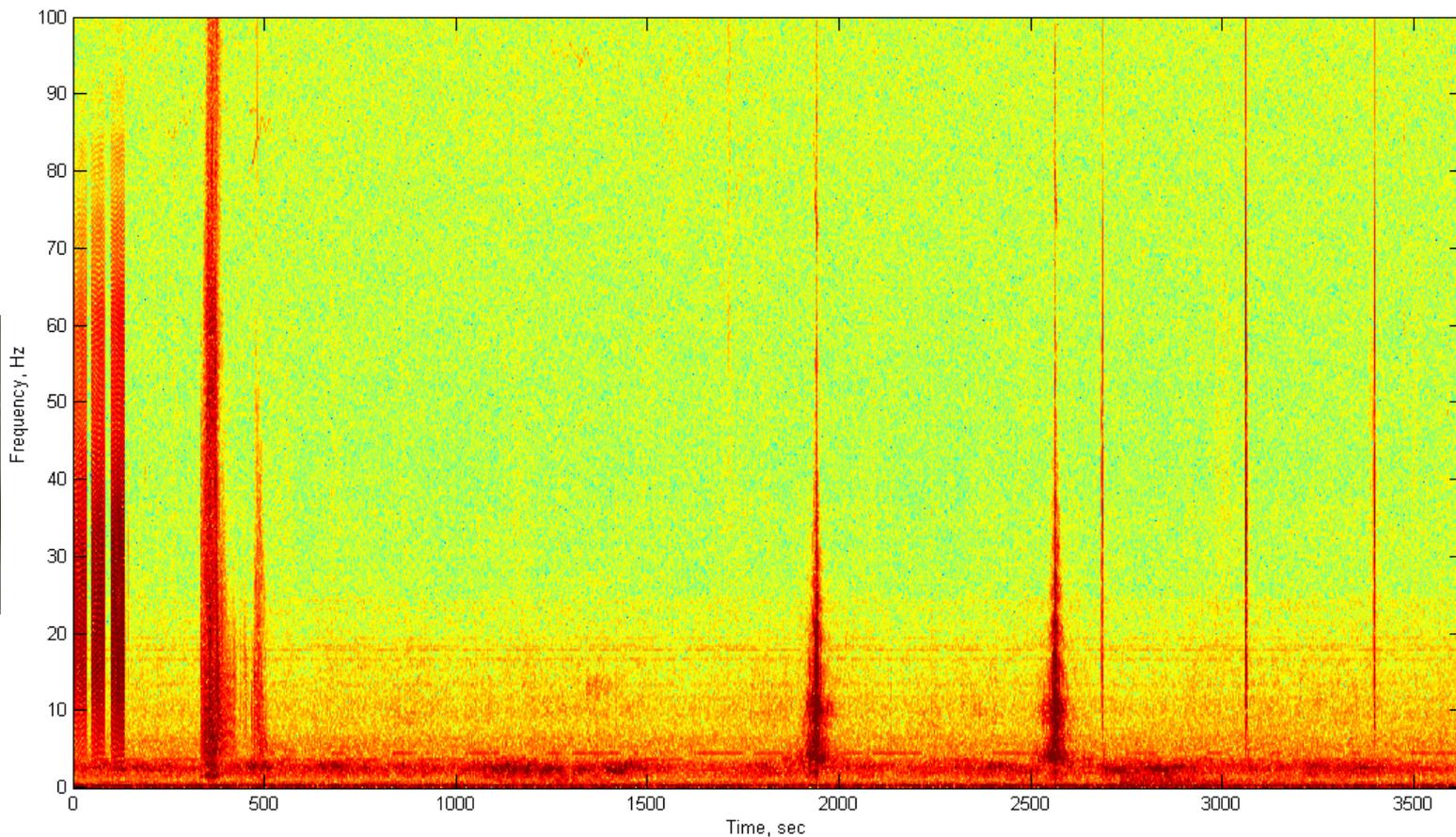
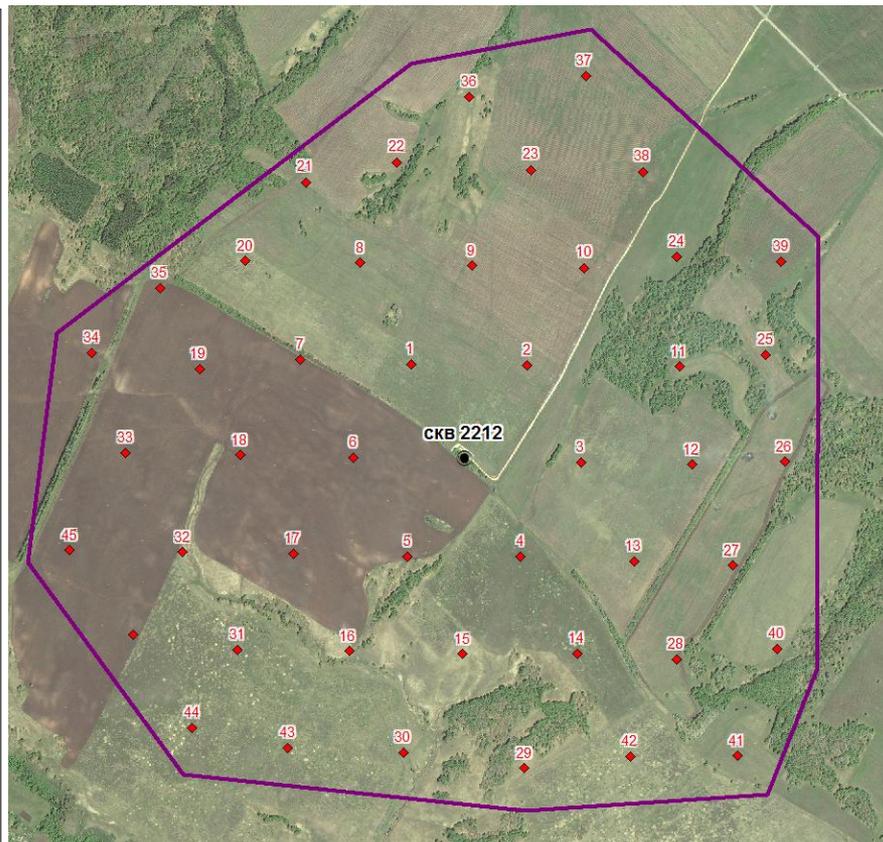
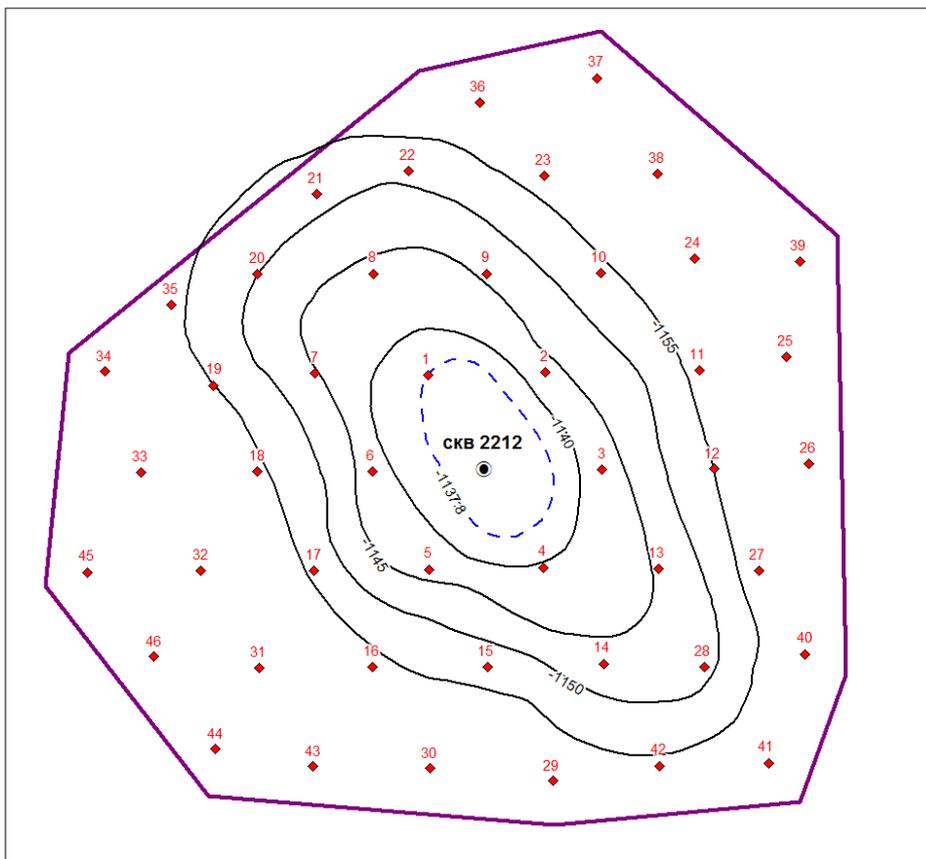


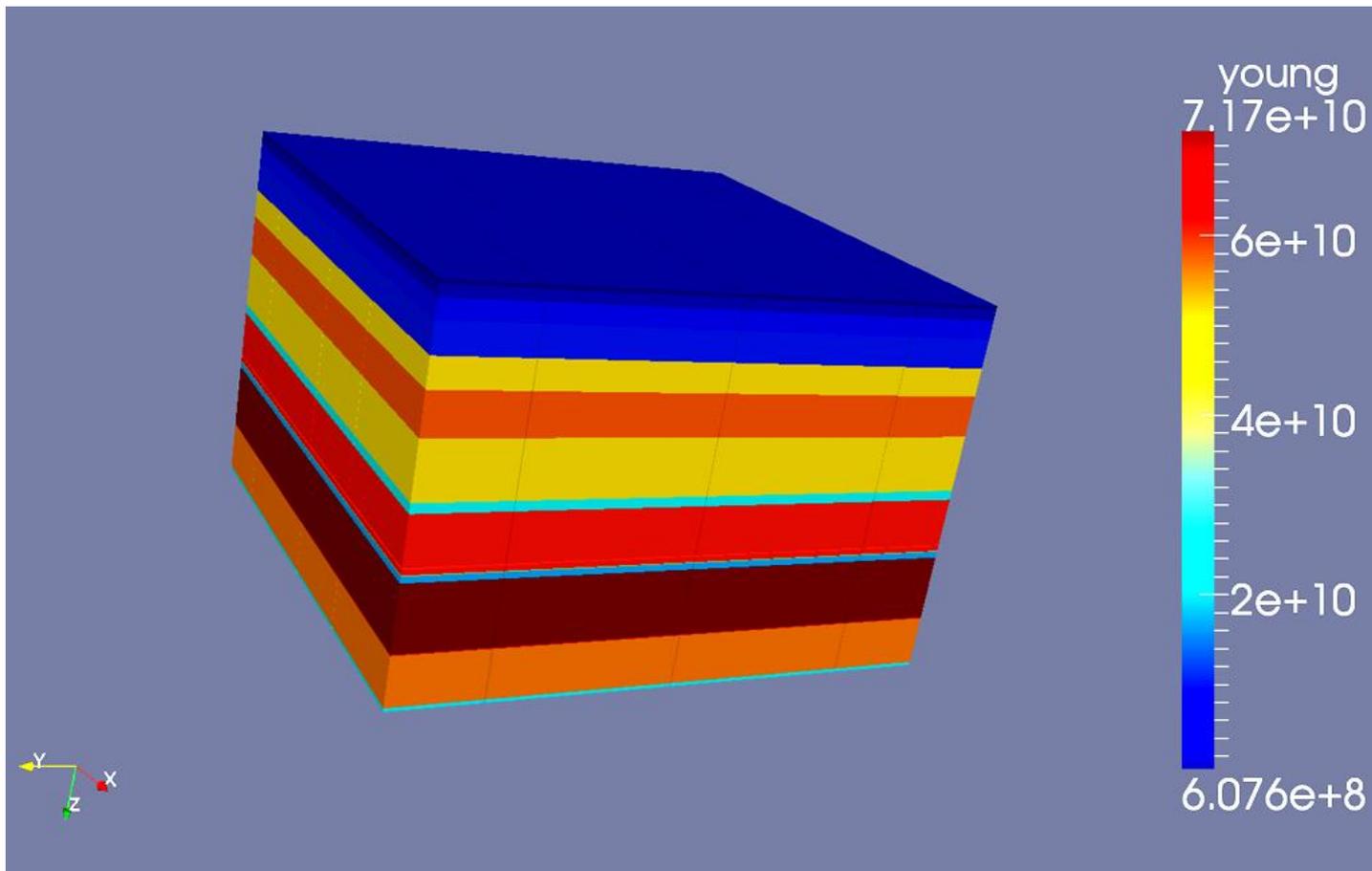
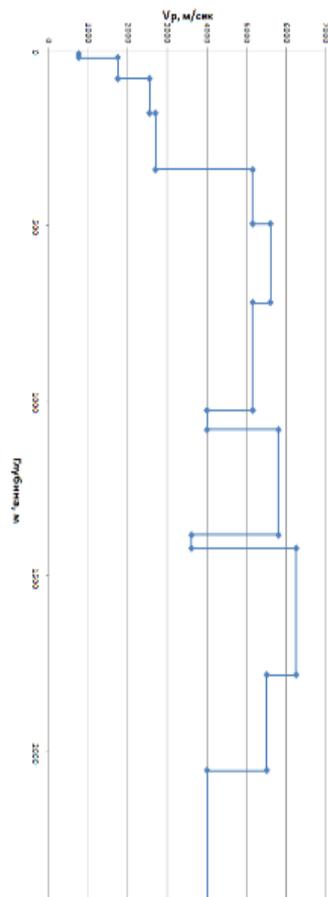
Схема наблюдения

Схема постановки работ пассивного микросейсмического мониторинга зон трещиноватости



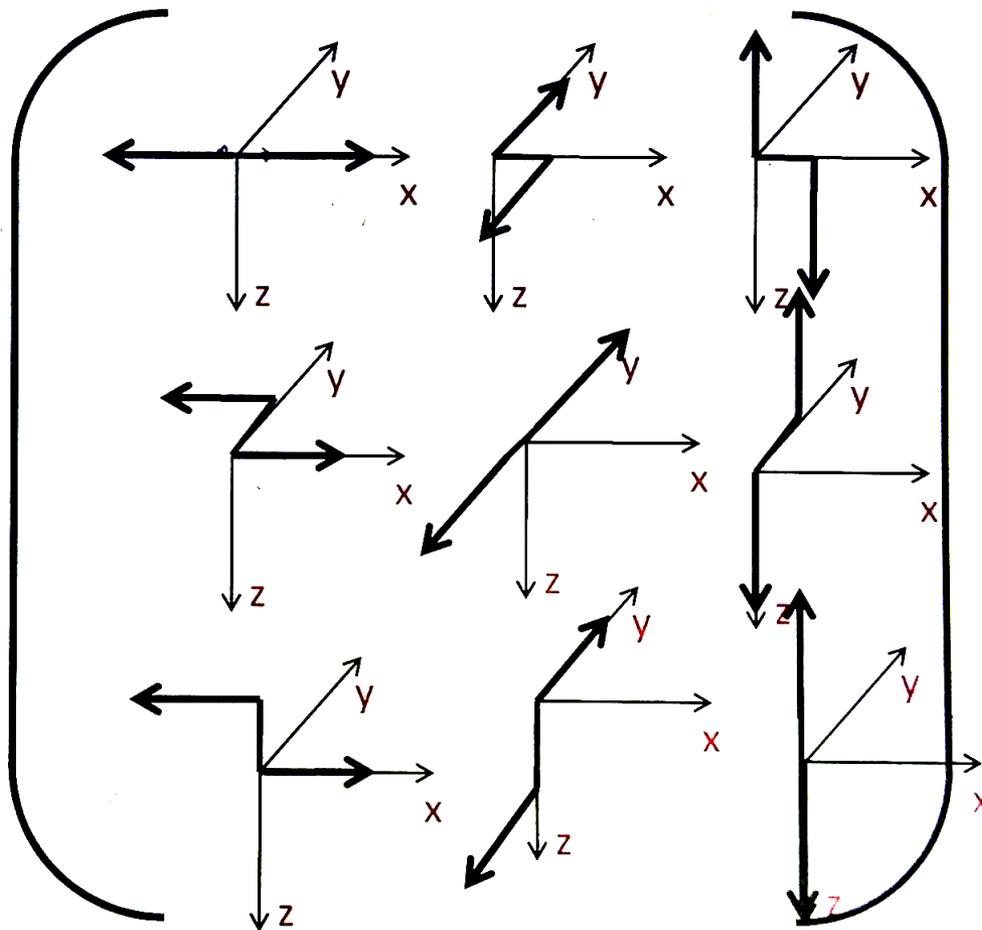
Полноволновое численное моделирование

Получение численной модели

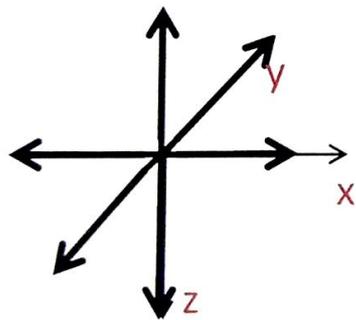


Тензор точечного источника (Общий вид)

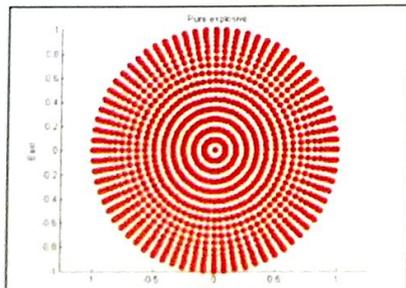
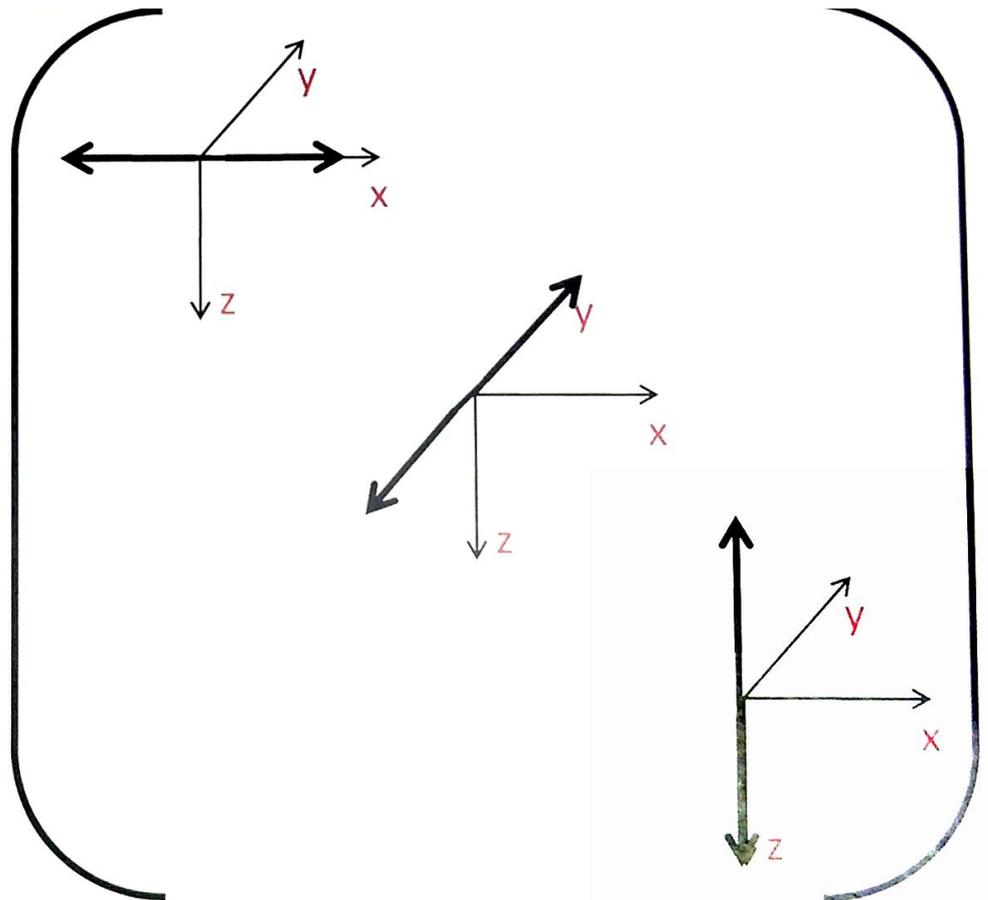
$$\begin{pmatrix} M_{xx} & M_{xy} & M_{xz} \\ M_{yx} & M_{yy} & M_{yz} \\ M_{zx} & M_{zy} & M_{zz} \end{pmatrix}$$

 \equiv


Тензор точечного источника (центр взрыва)

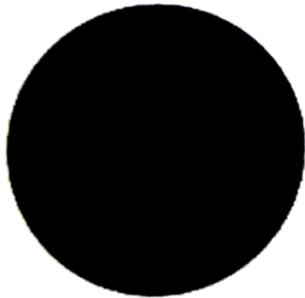


\equiv

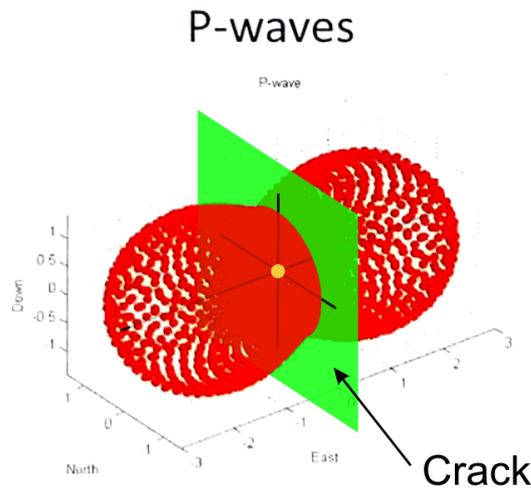


Тензор точечного источника (tension crack)

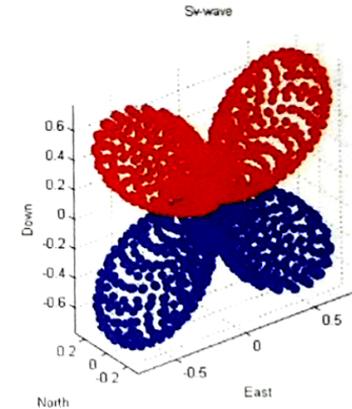
$$\begin{pmatrix} M_0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\lambda + 2\mu}{\lambda} M_0 & 0 \\ 0 & 0 & M_0 \end{pmatrix}$$



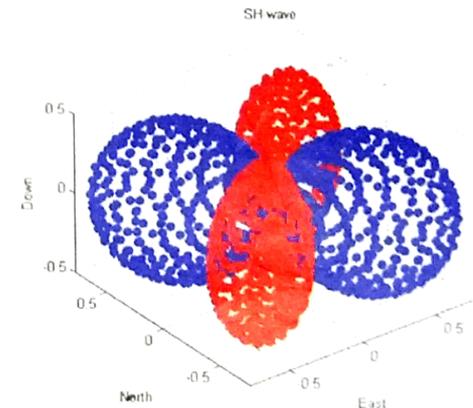
VOL=55%
 CLVD=45% for Poisson solid
 DC=0%



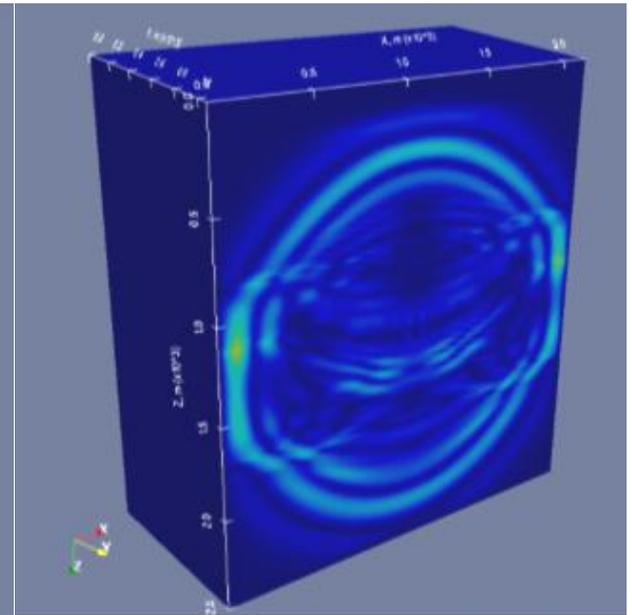
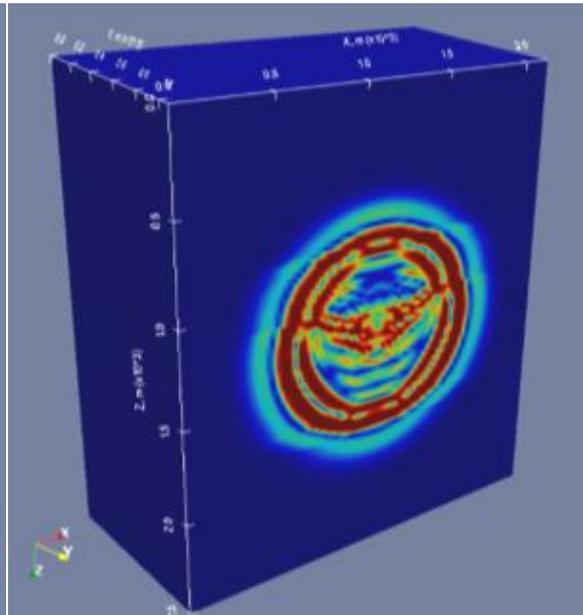
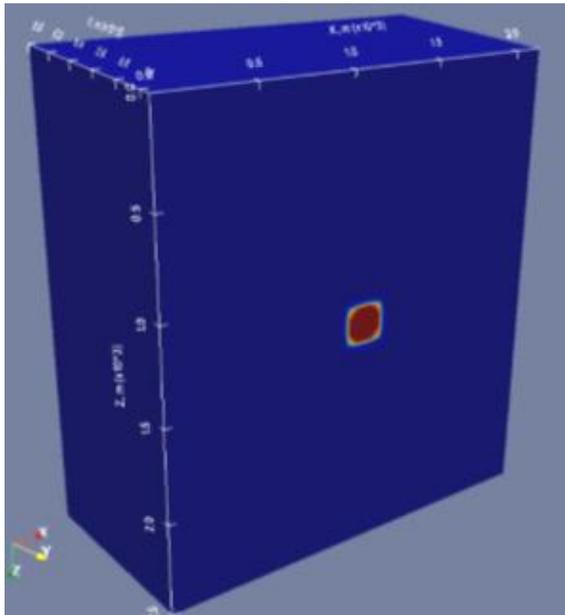
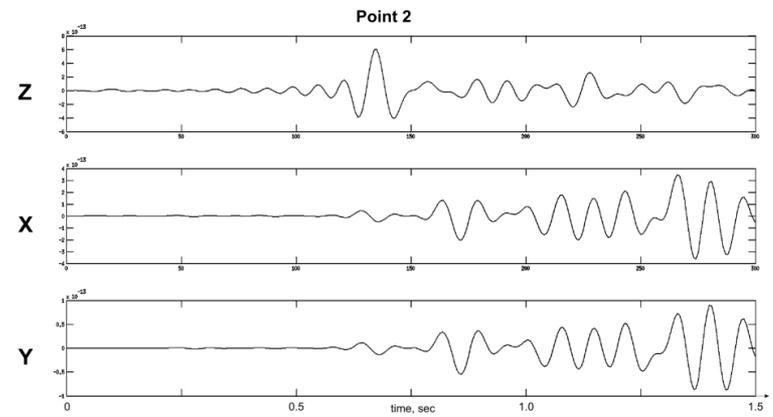
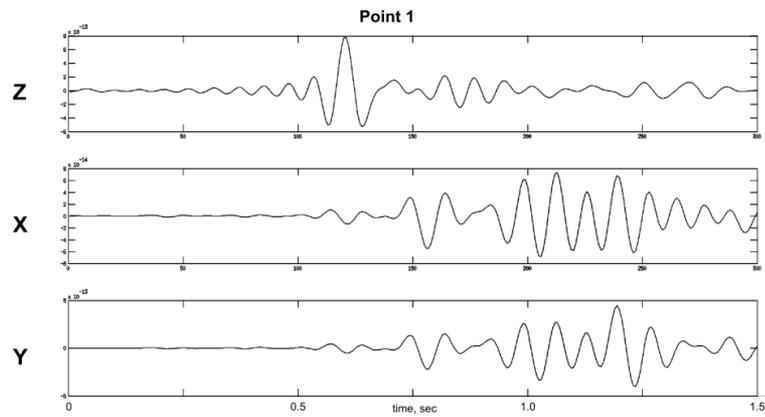
SV-waves



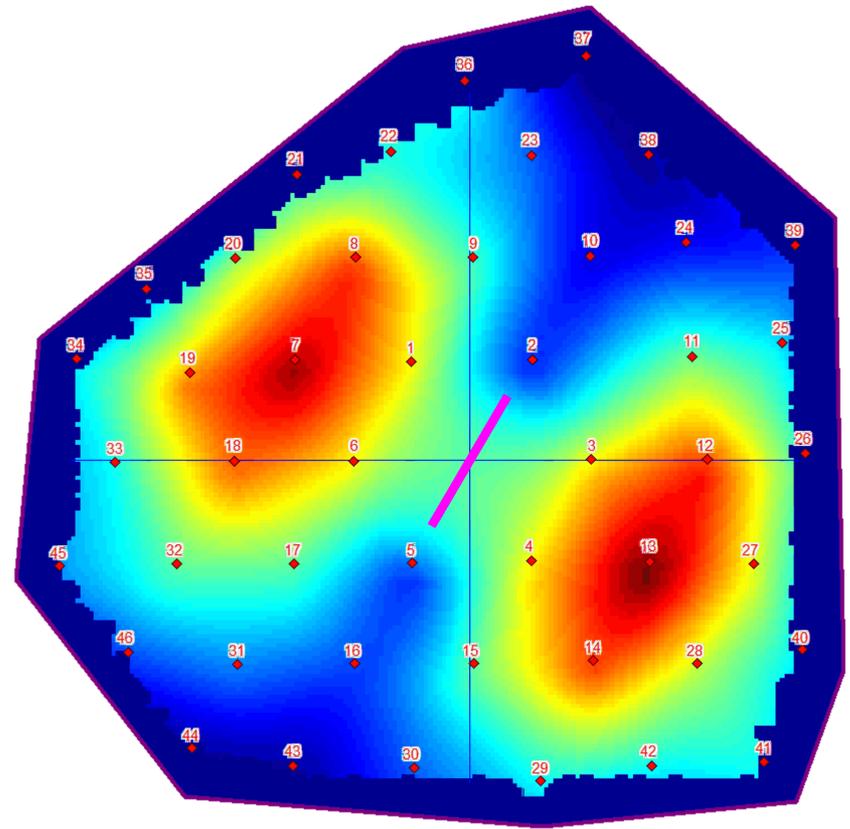
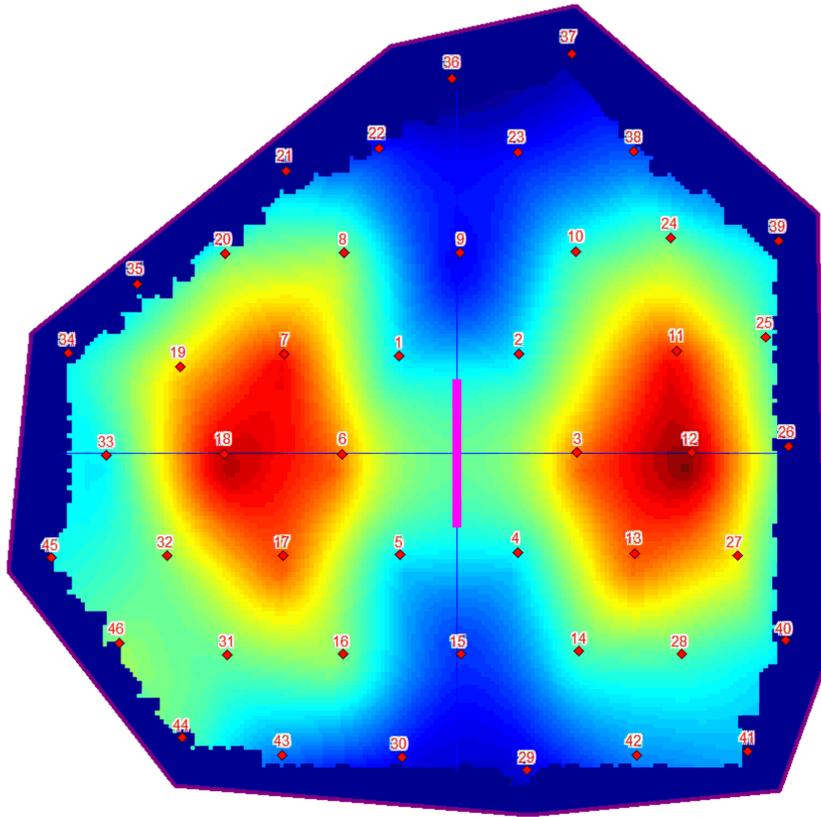
SH-waves



Численное моделирование



Расхождение точечного источника для азимутов 0° и 30° (tension crack)



Метод максимального правдоподобия

Метод максимального правдоподобия

Суть метода заключается в оценке функции правдоподобия наличия известного сигнала в измеряемой набором приемных устройств отсчетов смеси сигнала и шума.

$$z_k(t) = n_k(t) + s_k(t)$$

где n_k — шум в момент времени, s_k — искомый полезный сигнал, а z_k — их регистрируемая сумма.

В предположении гауссовского шума функцию правдоподобия можно записать как :

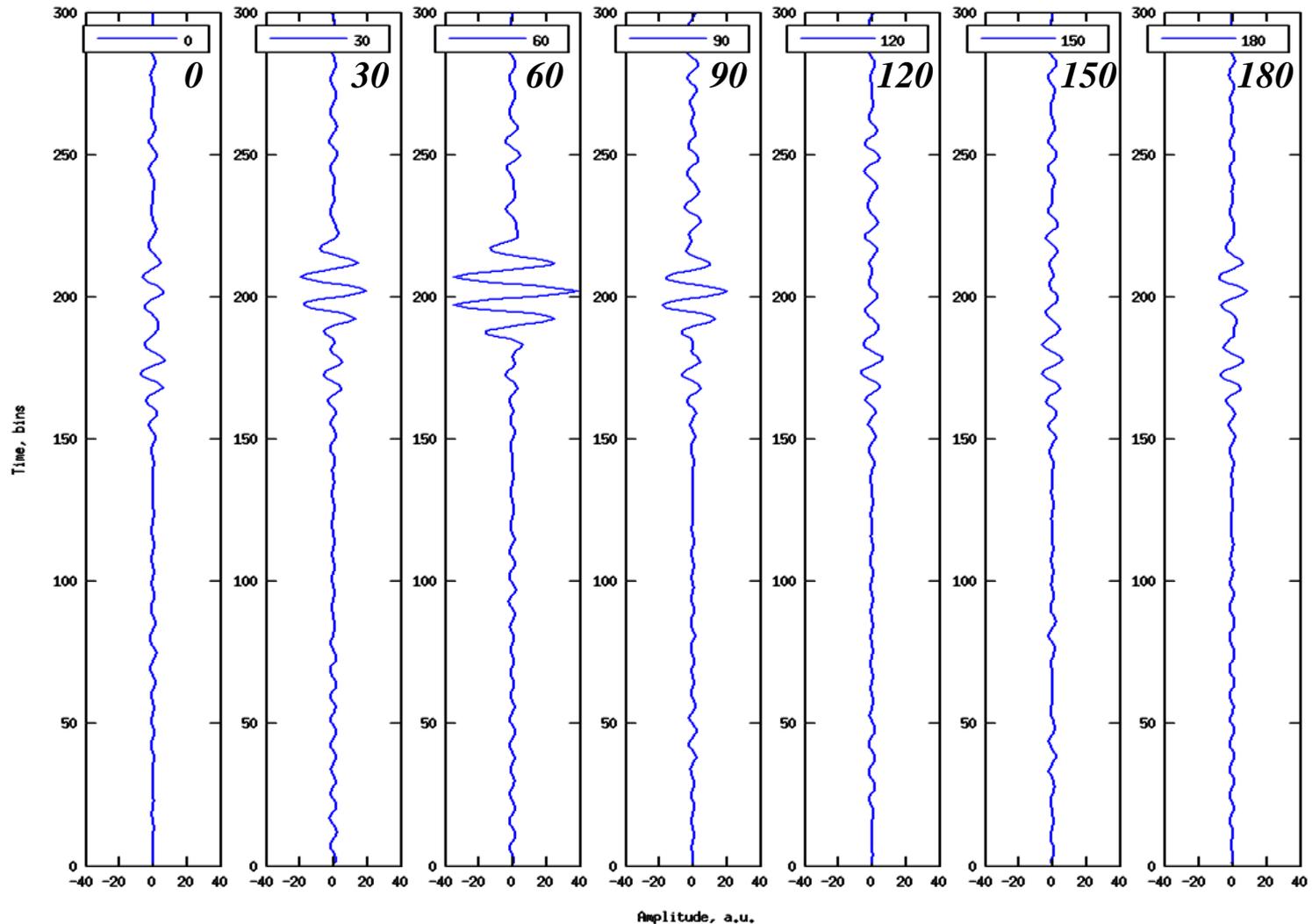
$$L(t_j) = \prod_k \prod_i \left[\exp\left(-\frac{(z_k(t_j + t_i) - s_k(t_i))^2}{2D_k}\right) / \exp\left(-\frac{z_k(t_j + t_i)^2}{2D_k}\right) \right]$$

где D_k — дисперсия шума на канале приема, i - индекс времени t_i известного сигнала s_k .

$$\ln L(t_j|A) = \sum_k \sum_i \left[\left(-\frac{(z_k(t_j + t_i) - A \cdot s_k^i(t_i))^2}{2D_k} \right) \right]$$

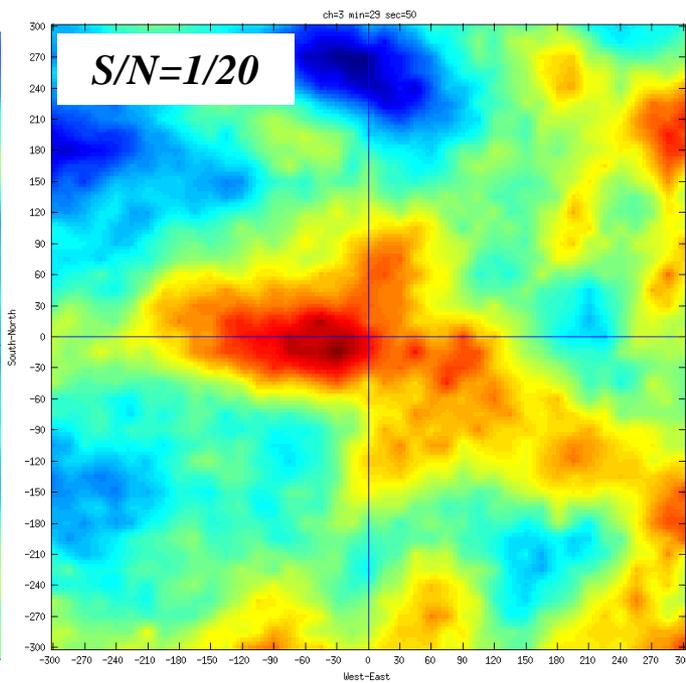
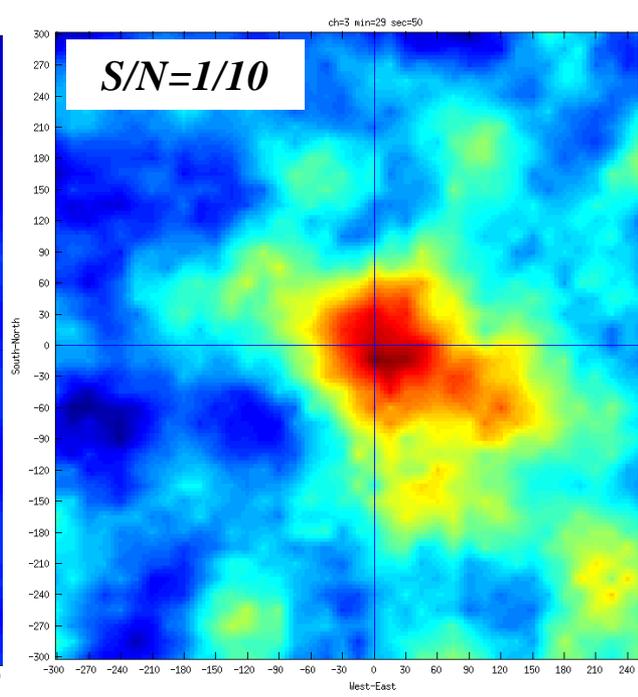
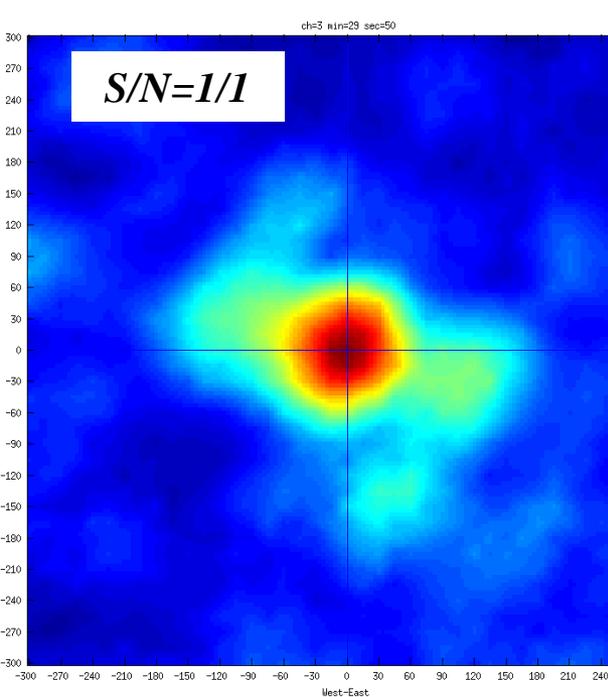
$$A(t) | \max_A \ln L(t|A)$$

Восстановленные амплитуды модельной трещины с азимутальным углом 60° в одной точке визуализации по вариантам волнового поля для азимутальных углов трещины ($0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ, 180^\circ$) методом максимального правдоподобия



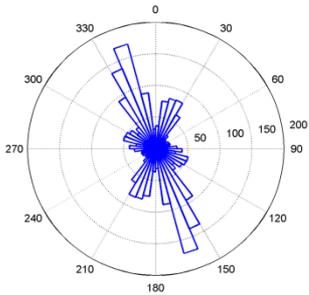
Чувствительность метода FWL

Чувствительность метода локализации при различных соотношениях сигнал/помеха

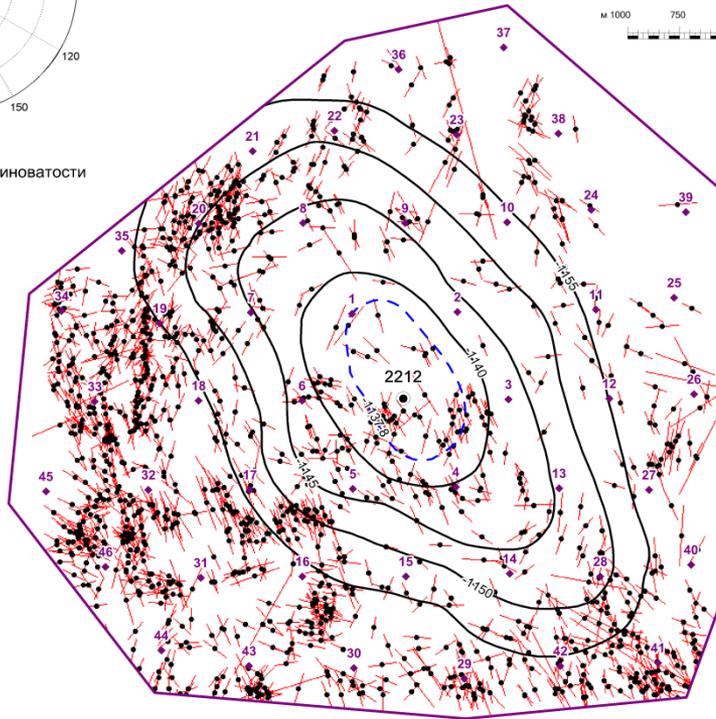


Пример мониторинга естественной трещиноватости

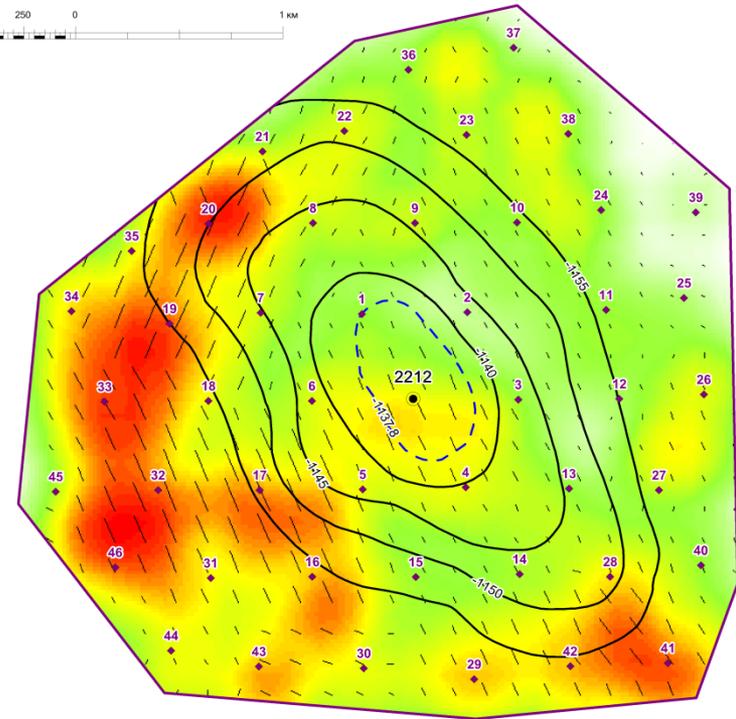
Результаты мониторинга естественной трещиноватости



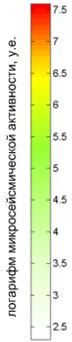
Роза направлений трещиноватости



Прогнозная карта трещиноватости



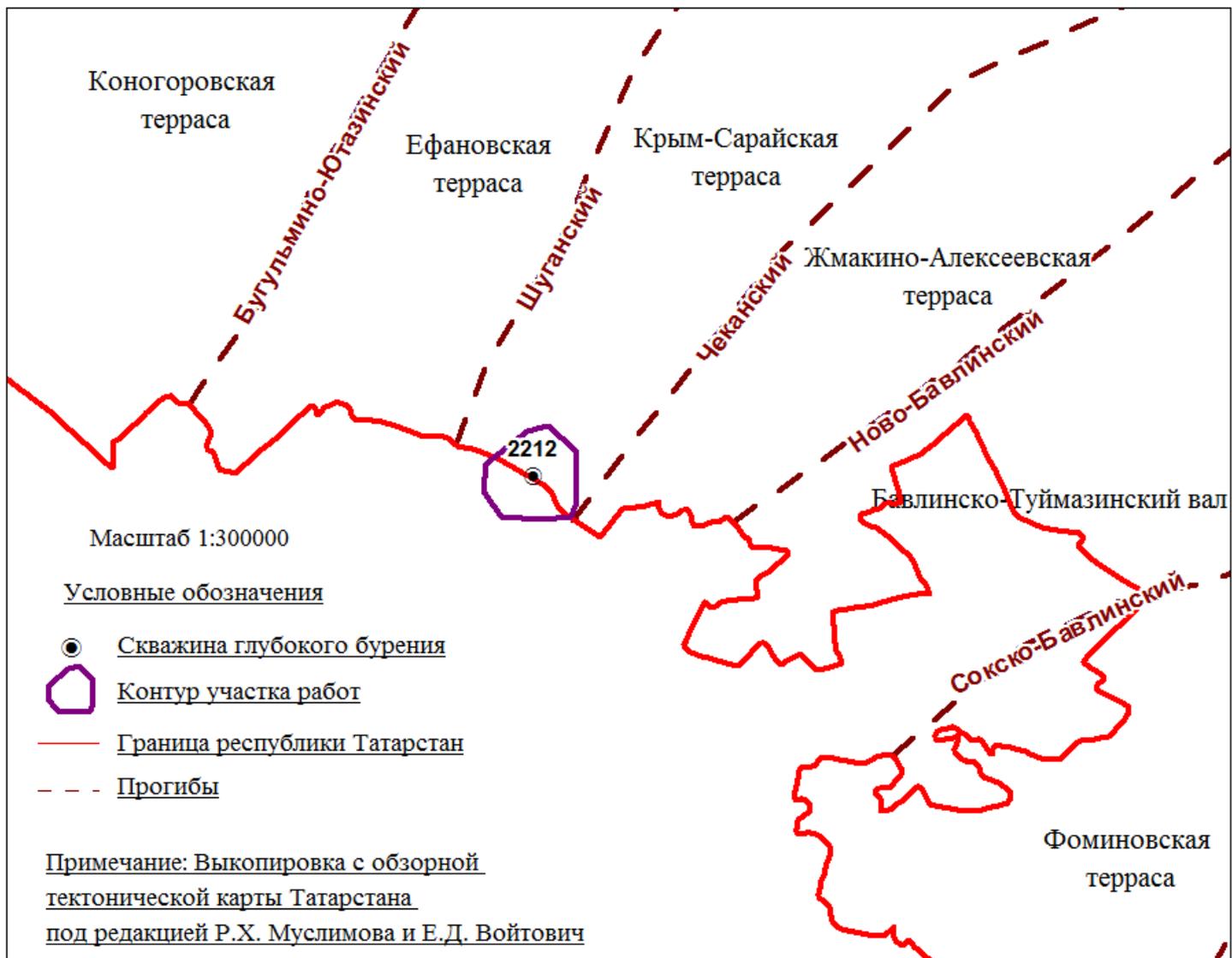
Карта микросейсмической активности с преимущественным направлением трещиноватости (срез на 1440 м)



Условные обозначения:

- ◆ Пункты наблюдения
- ◡ Контур участка работ
- Изолинии по поверхности данково-лебединского горизонта
- - - Контур ВНК по данным ОАО "Татнефть"
- Скважина глубокого бурения
- ↗ Положение и направление трещины
- ↖ Доминирующее направление трещиноватости

Тектоническая схема района работ



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

***ЗАО «ГРАДИЕНТ»
г. Казань, ул. Еришова, 29
тел. +7 (843) 200-10-99
тел/факс +7 (843) 238-32-43
e-mail: mail@gradient-geo.com,
gradient-kzn@yandex.ru
сайт: www.gradient-geo.com***