

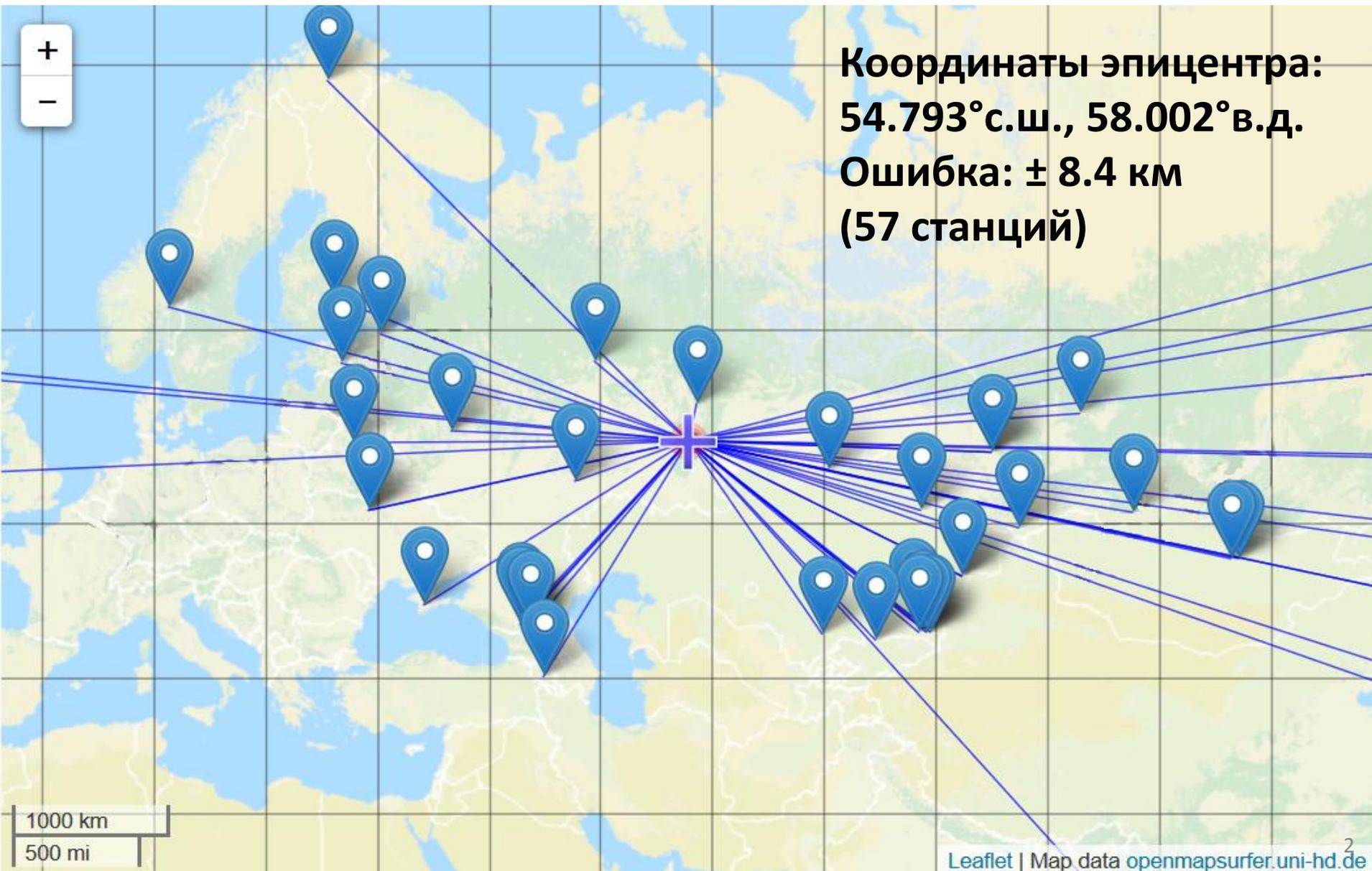


Строение очаговой зоны Катав-Ивановского землетрясения 4 сентября 2018 года по инструментальным данным

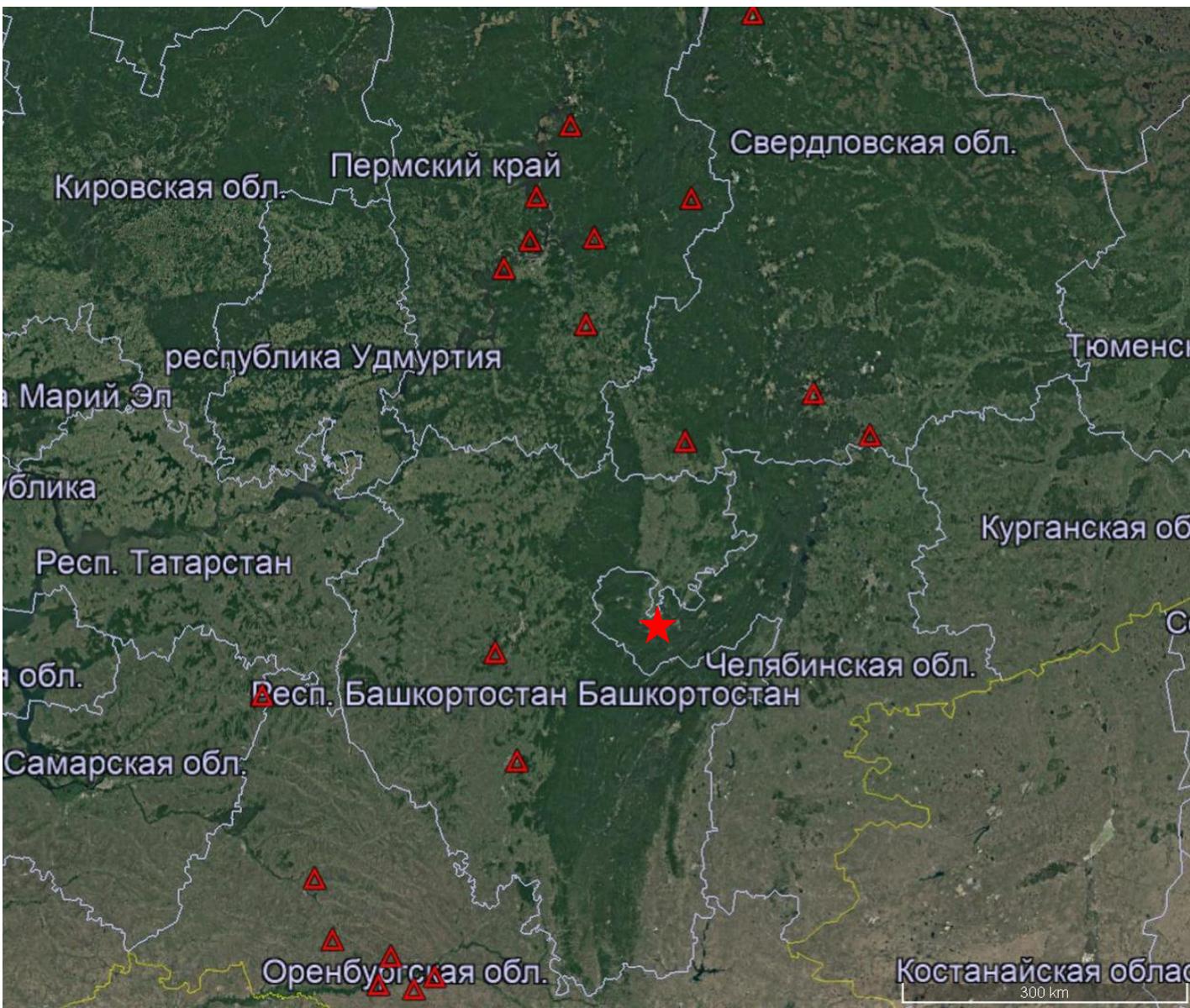
Дягилев Р.А., Шулаков Д.Ю., Верхованцев Ф.Г.,
Верхованцев А.В., Варлашова Ю.В., Гусева Н.С.

14-18 октября 2019 г.

Землетрясение 04.09.18 22:58:18.99 UTC, Mb=5.4, ML=5.4



Сейсмическая сеть Урала (20 станций)



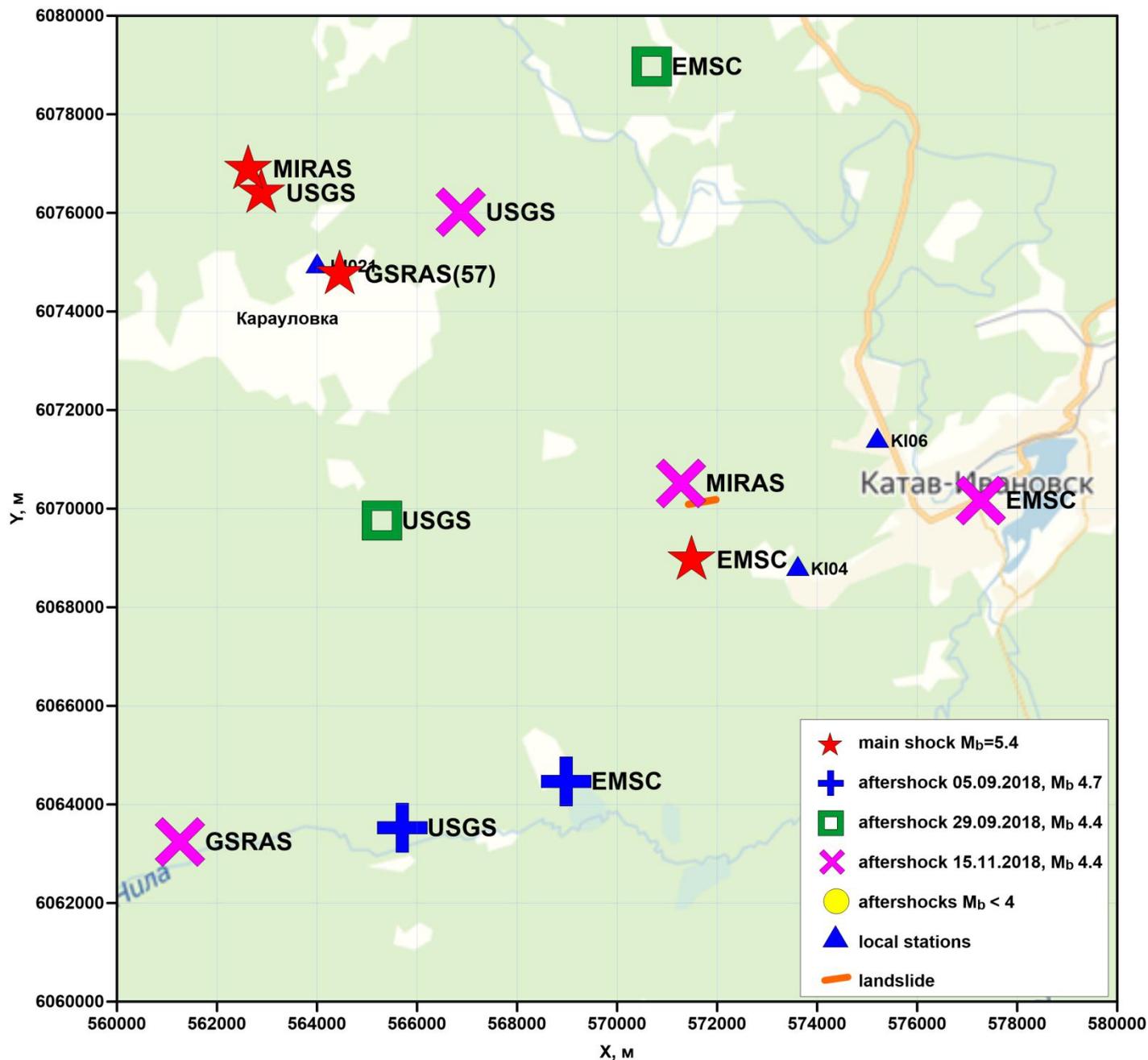
Пермский край (7)
Оренбургская область (7)
Свердловская область (4)
Республика
Башкортостан (2)
Челябинская область (0)

Период создания:
1999-2017 гг.

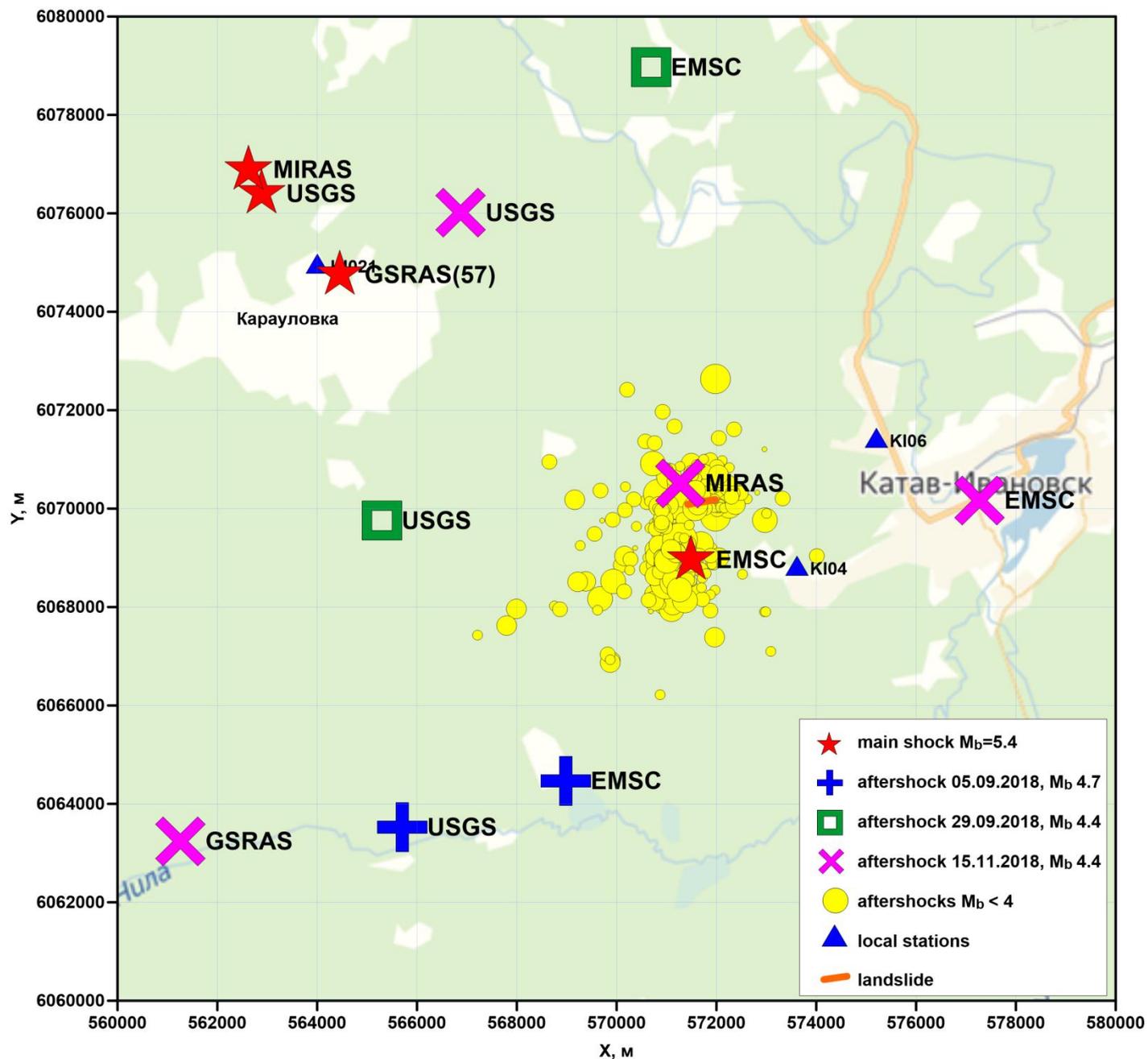
Расстояние до
ближайших станций:
150-180 км

Глубина очага по
временам вступлений:
 9.5 ± 7.2 км

Местоположение эпицентров по данным различных агентств



Местоположение эпицентров по данным различных агентств



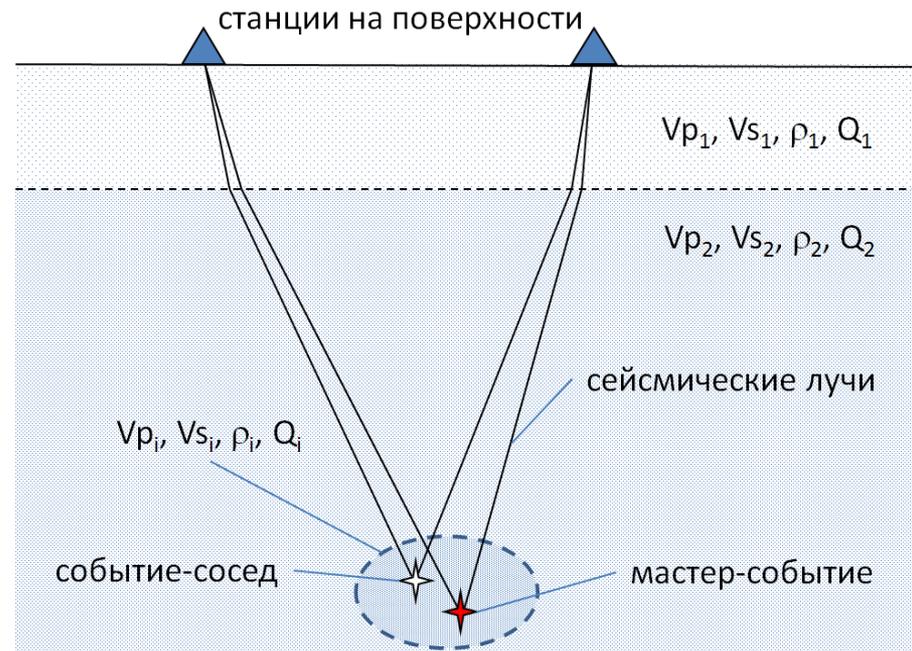
Относительная локация

$$t_i - t_{Ri} = dt_0 + \frac{\partial T_i}{\partial x_0} dx_0 + \frac{\partial T_i}{\partial y_0} dy_0 + \frac{\partial T_i}{\partial z_0} dz_0$$

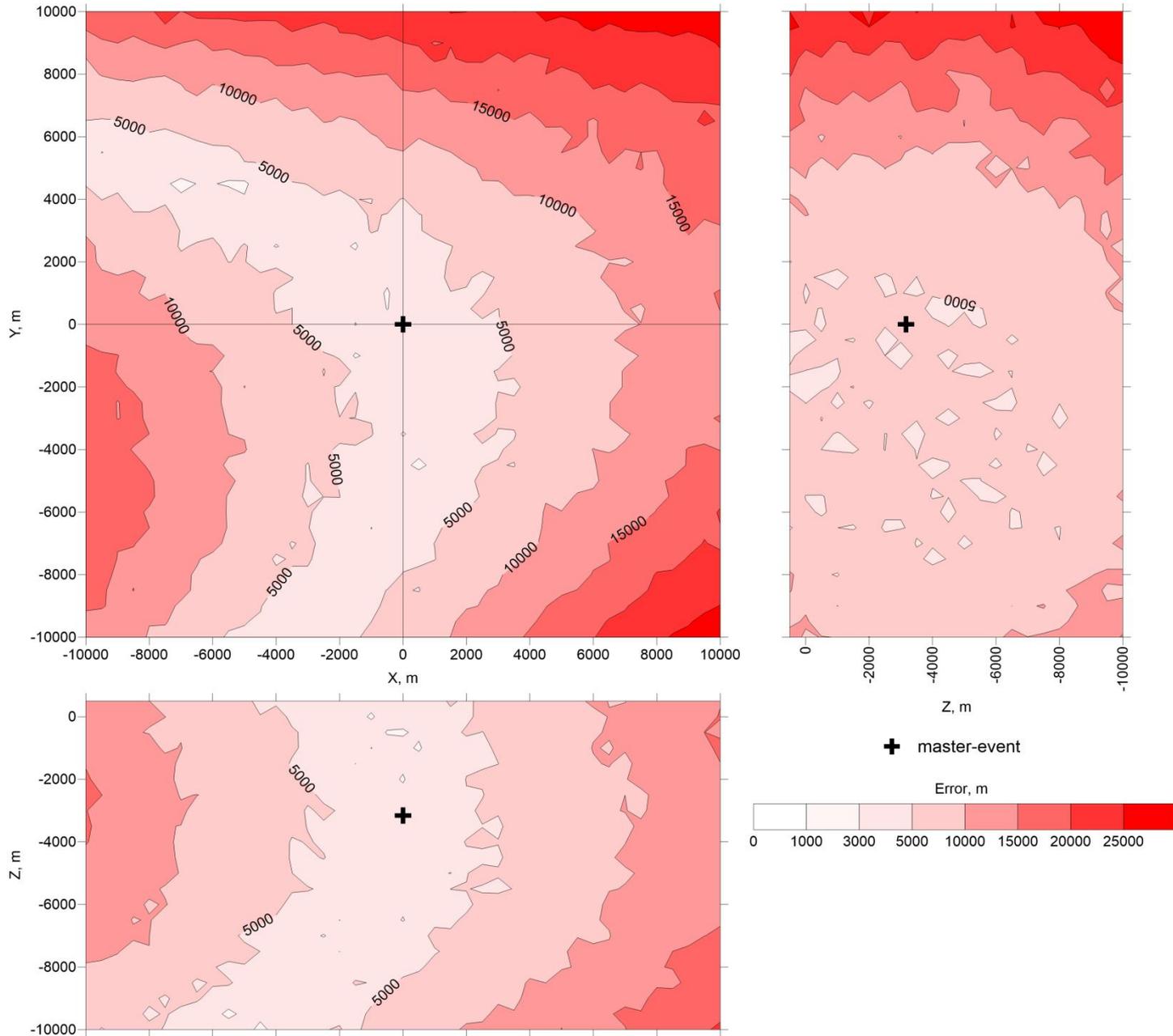
- (x_0, y_0, z_0, t_0) • Параметры мастер-события
- t_{Ri} • Времена вступлений для мастер-события
- dt_0 • Временной интервал между событиями
- t_i • Времена вступлений для события-соседа
- (dx_0, dy_0, dz_0) • Пространственный сдвиг очага события-соседа

Преимущества:

- Ошибка локации в 3-5 раз меньше, чем при обычной локации
- Знание скоростной модели среды на пути распространения волн необязательно. Важно лишь знать скорости вблизи мастер-события



Ошибки относительной локации (для гипоцентра)



Относительная локация на плоскости

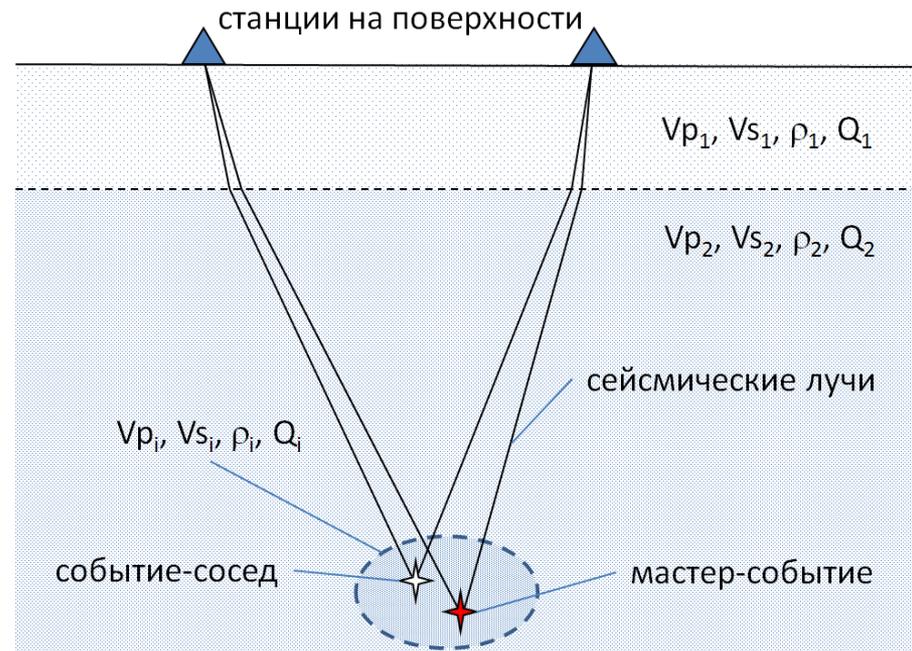
$$t_i - t_{Ri} = dt_0 + \frac{\partial T_i}{\partial x_0} dx_0 + \frac{\partial T_i}{\partial y_0} dy_0$$

$$dz_0 = 0$$

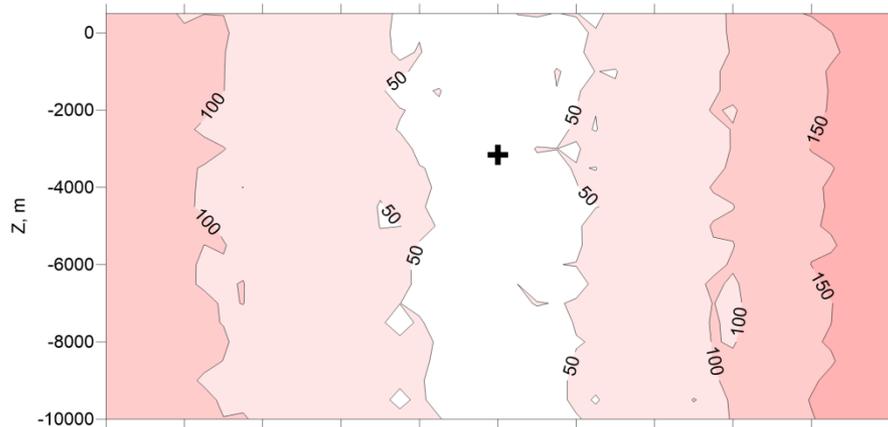
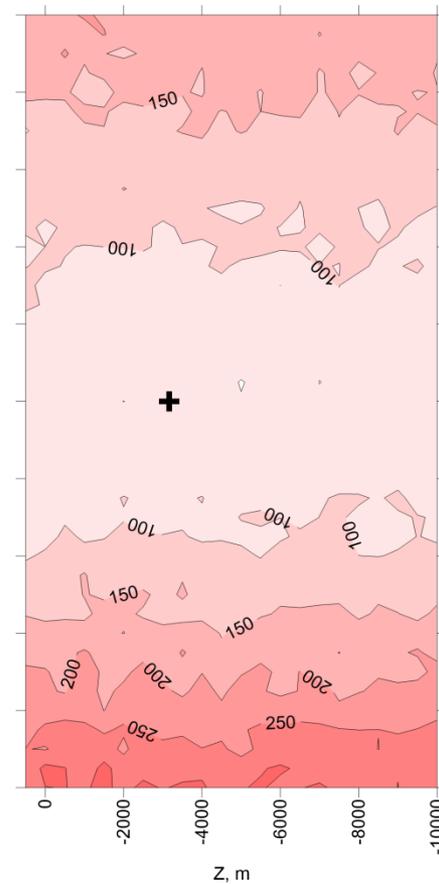
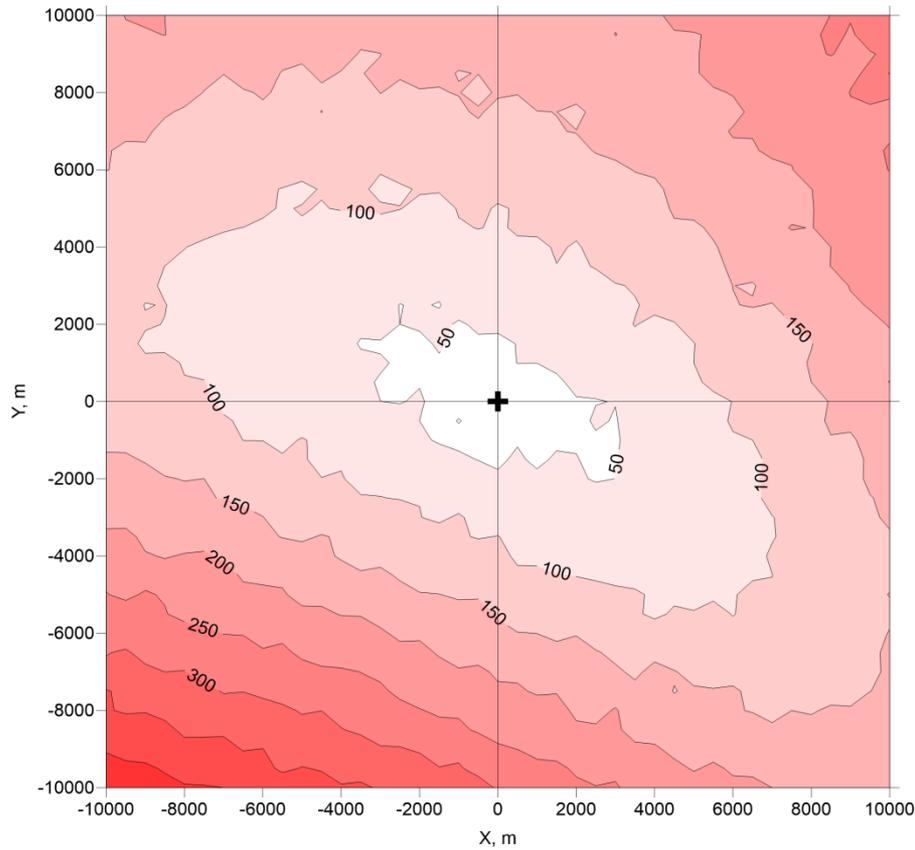
- (x_0, y_0, z_0, t_0) • Параметры мастер-события
- t_{Ri} • Времена вступлений для мастер-события
- dt_0 • Временной интервал между событиями
- $t_i \pm \sigma_i$ • Времена вступлений для события-соседа
- (dx_0, dy_0, dz_0) • Пространственный сдвиг очага события-соседа

Преимущества:

- Ошибка локации в 3-5 раз меньше, чем при обычной локации
- Знание скоростной модели среды на пути распространения волн необязательно. Важно лишь знать скорости вблизи мастер-события

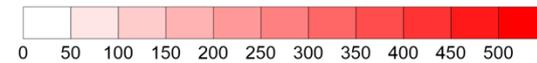


Ошибка относительной локации (для эпицентра)

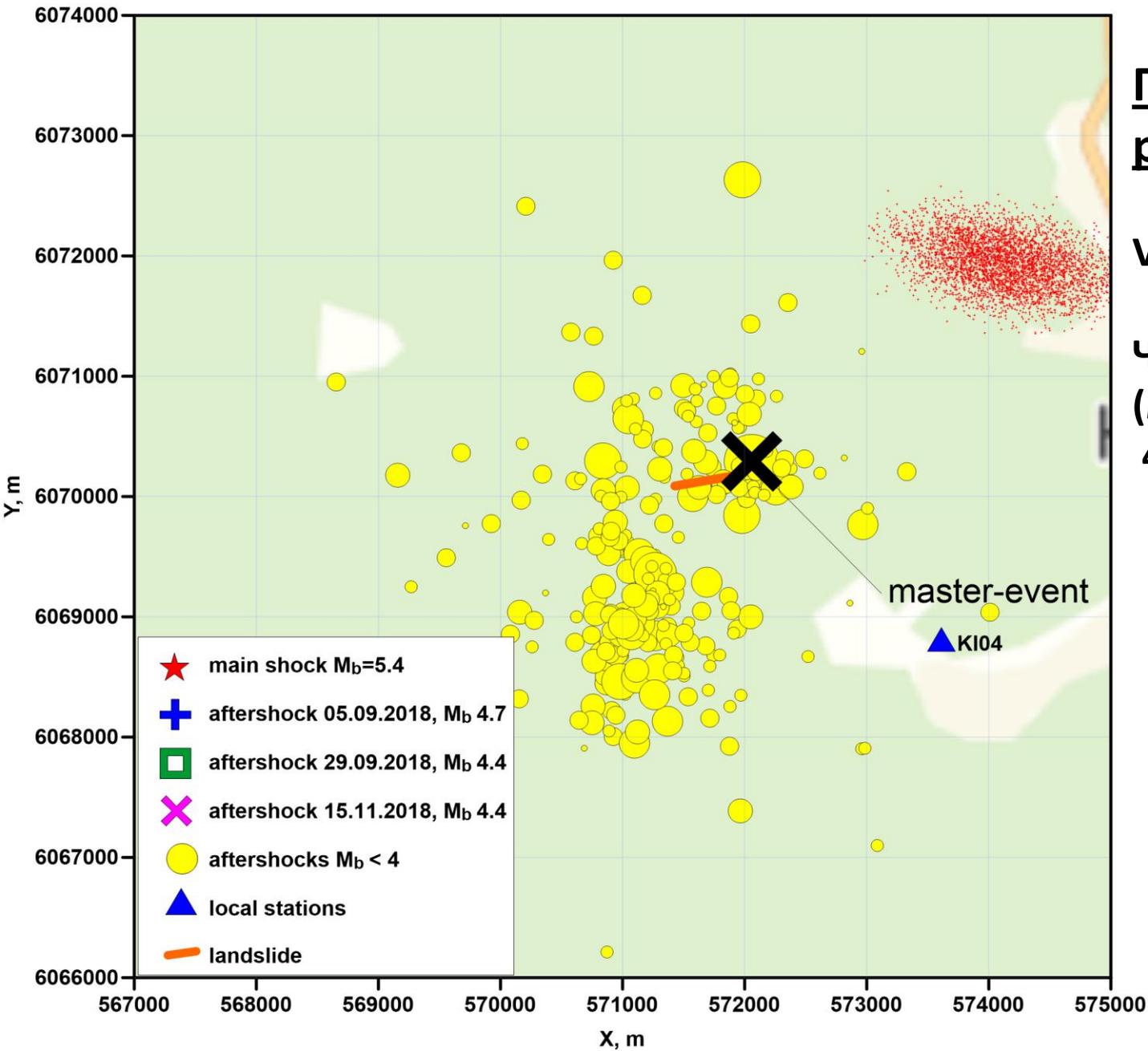


✚ master-event

Error, m



Решение для главного толчка, Mb 5.4, 4.09.2018

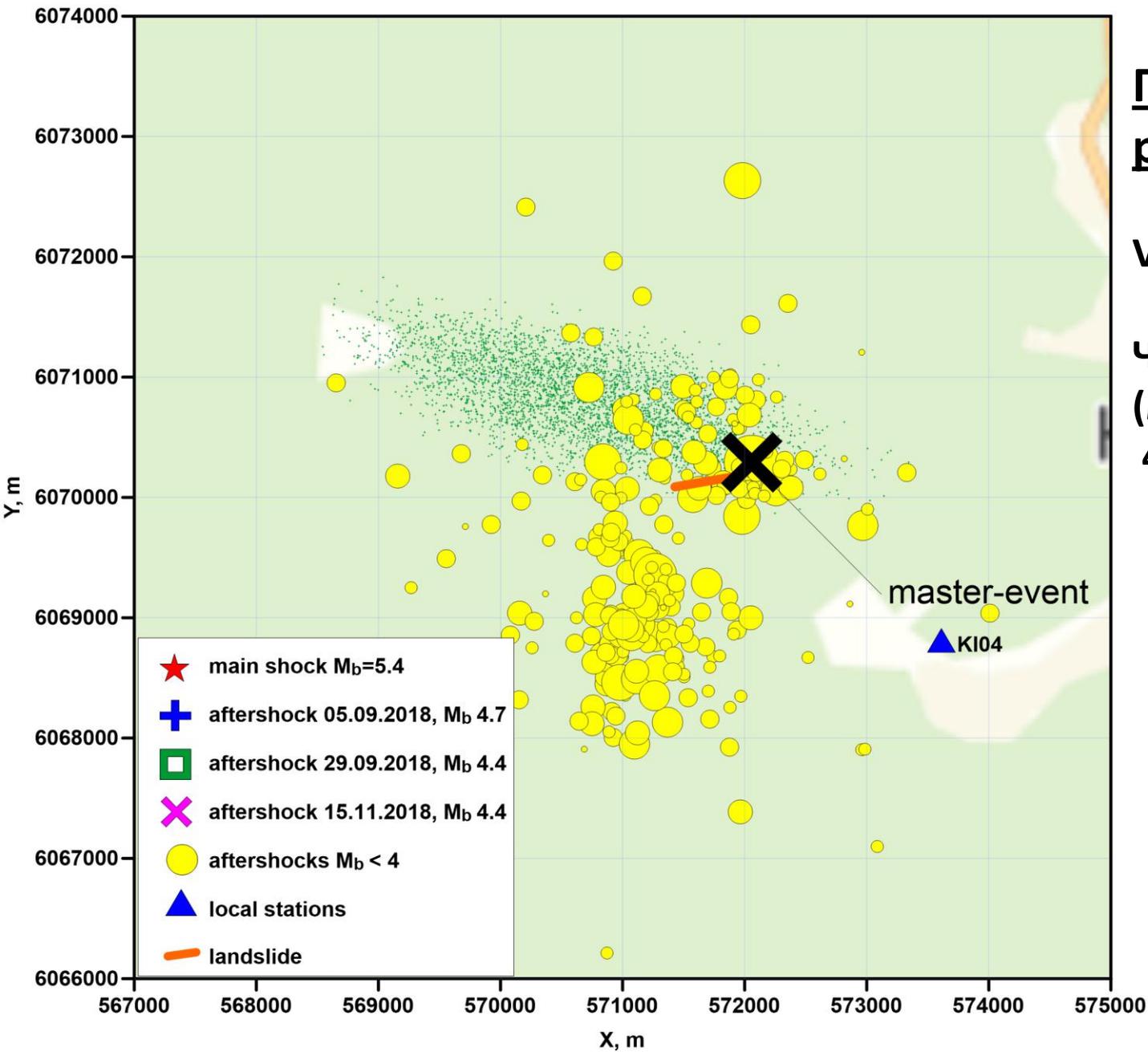


Параметры
расчета:

$V_p = 6$ км/с

Число итераций
(метод Монте-Карло):
4000

Решение для афтершока, Mb 4.7, 5.09.2018

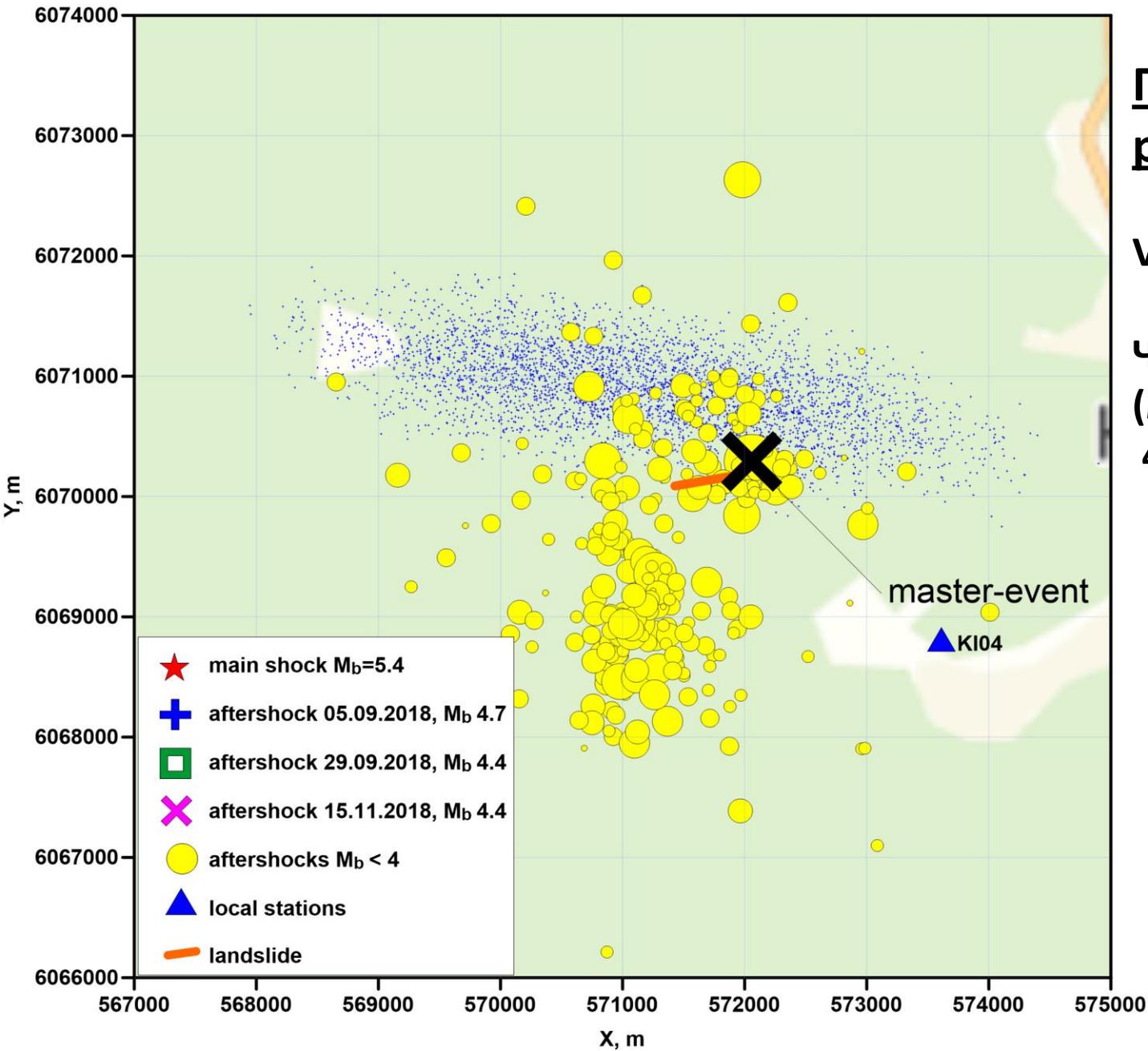


Параметры
расчета:

$V_p = 6$ км/с

Число итераций
(метод Монте-Карло):
4000

Решение для афтершока, Mb 4.4, 29.09.2018

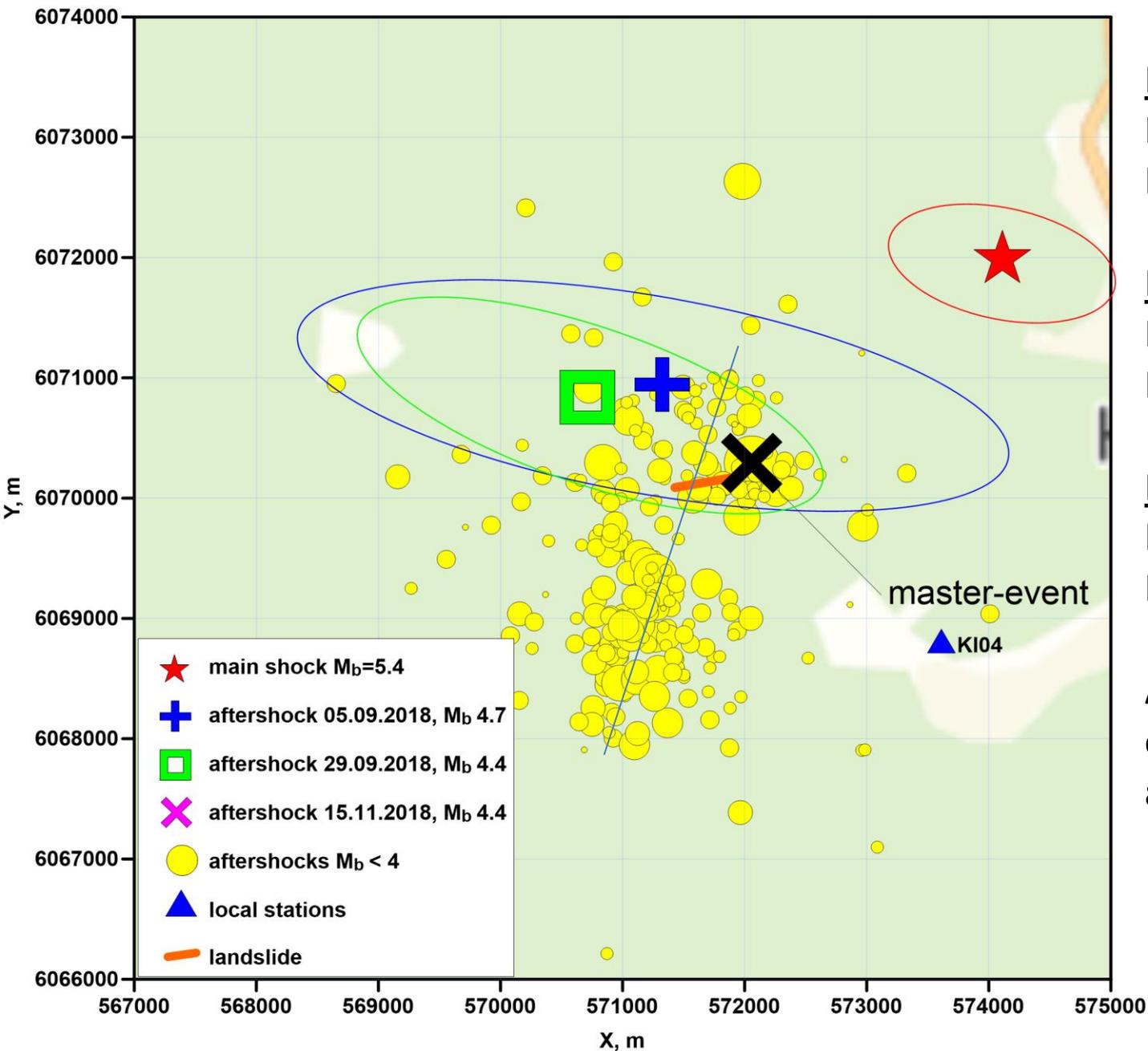


Параметры
расчета:

$V_p = 6$ км/с

Число итераций
(метод Монте-Карло):
4000

Решения для главного толчка и двух сильнейших афтершоков



M_b 5.4, 4.09.2019

Lat = 54.766 ± 0.005

Lon = 58.152 ± 0.006

M_b 4.7, 5.09.2019

Lat = 54.757 ± 0.009

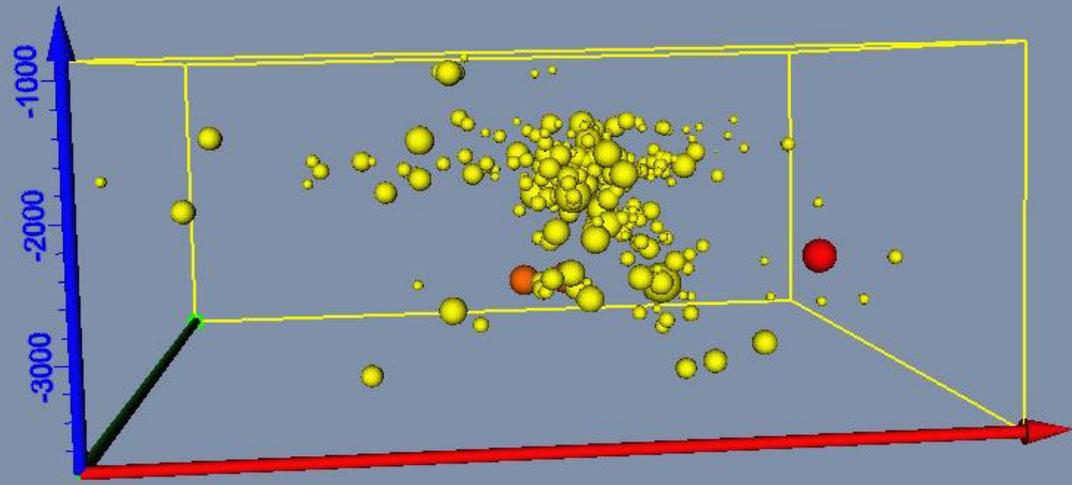
Lon = 58.106 ± 0.016

M_b 4.4, 29.09.2019

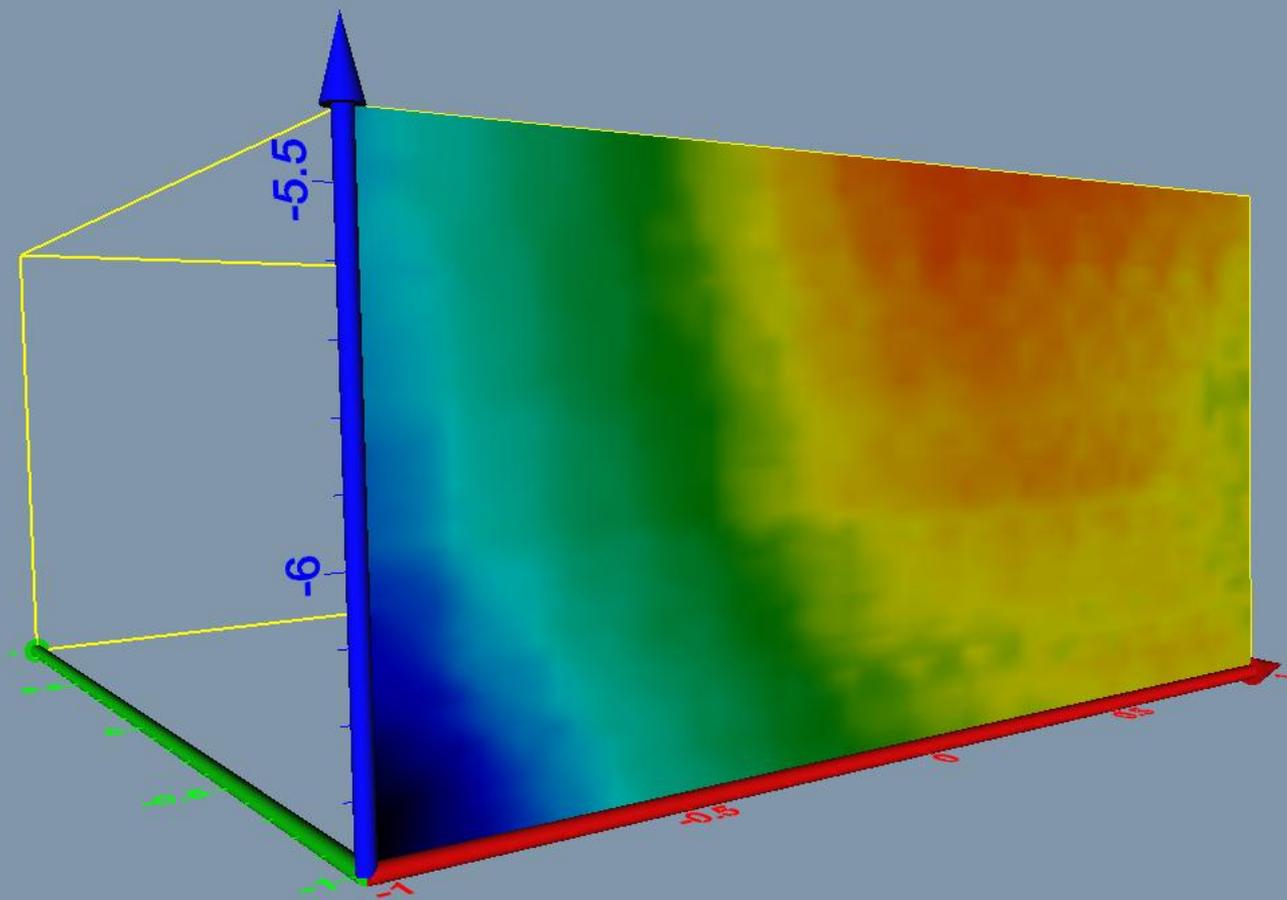
Lat = 54.757 ± 0.007

Lon = 58.099 ± 0.011

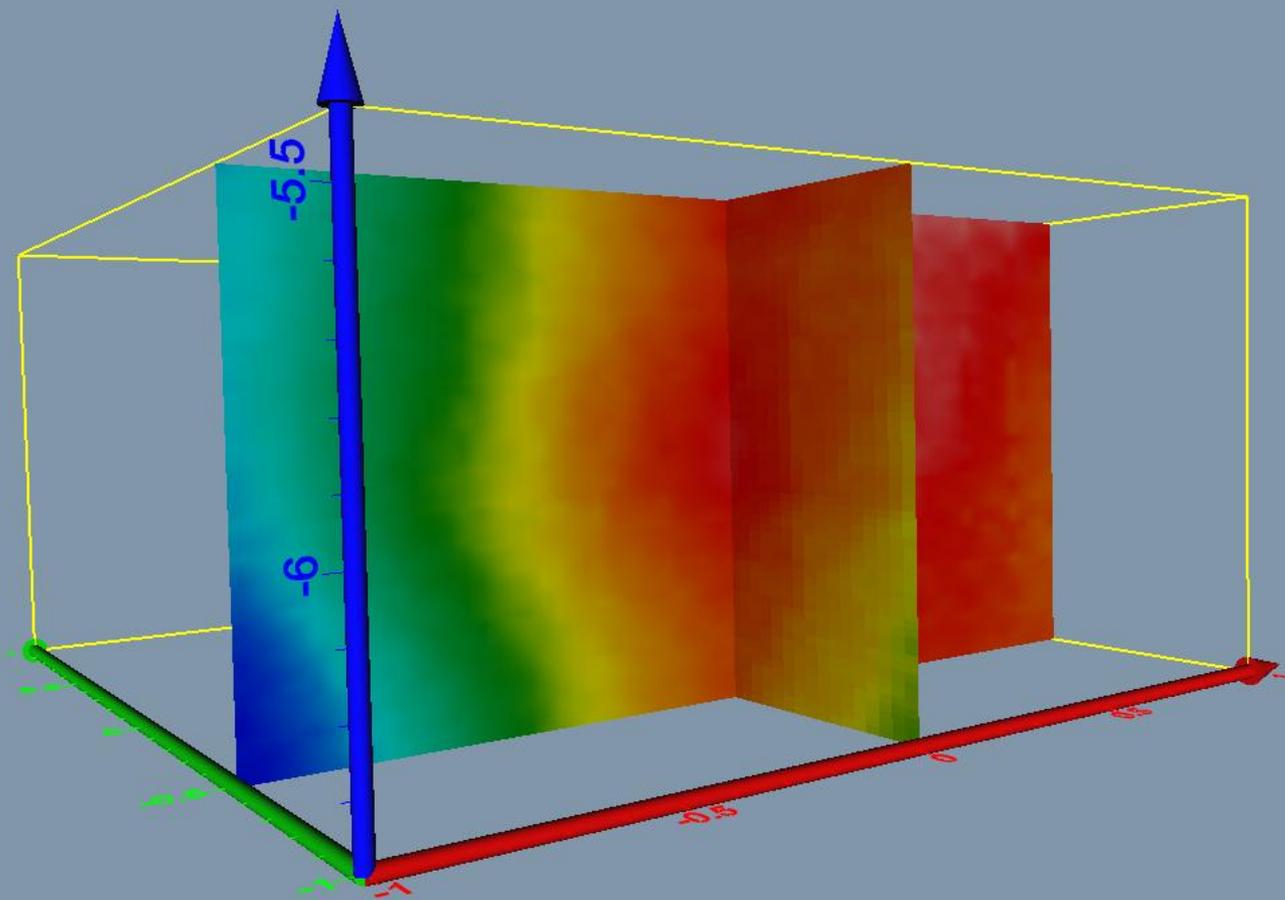
Азимут основной
оси облака
афтершоков: $\sim 18^\circ$



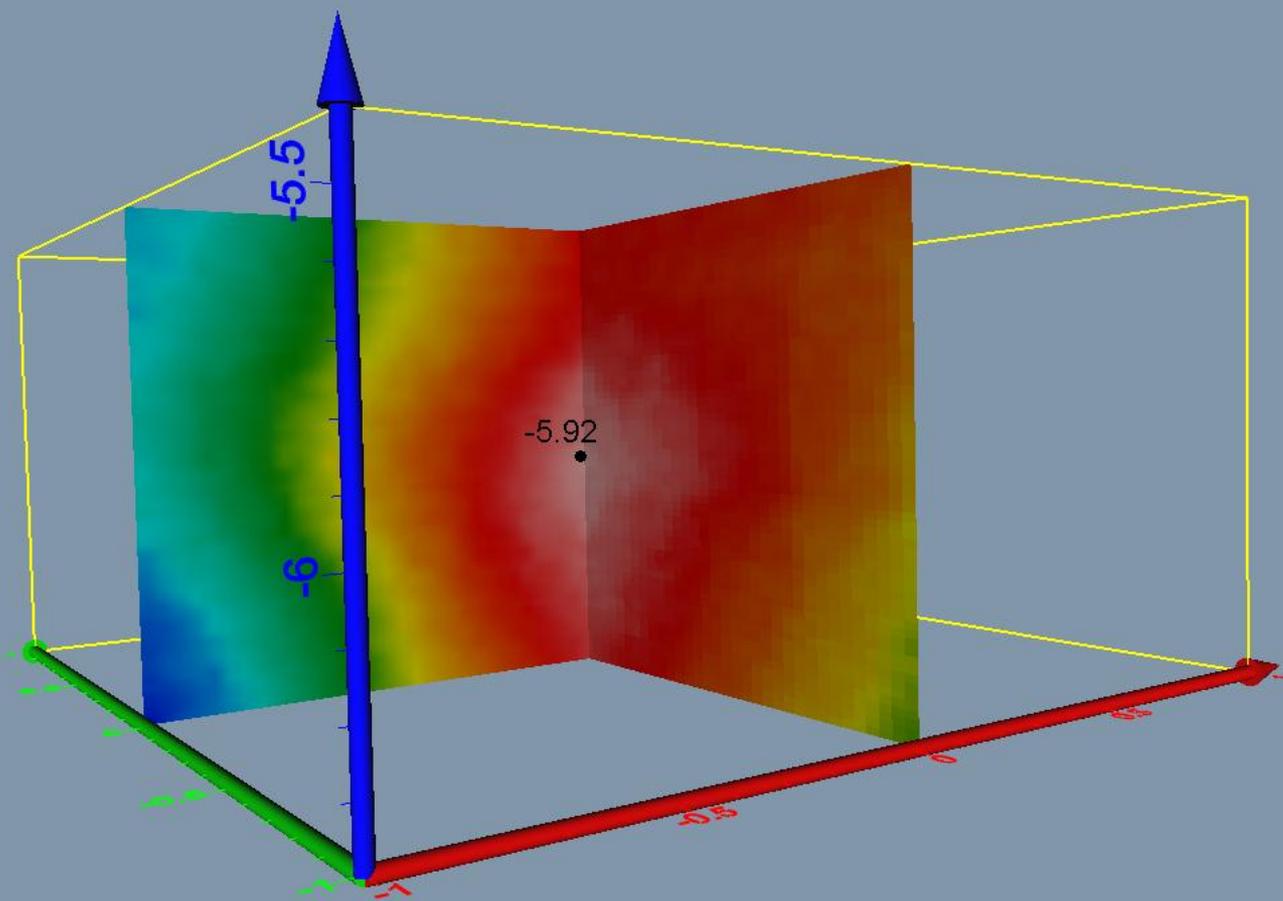
Определение глубины очага по функции согласования фазовых спектров первых вступлений



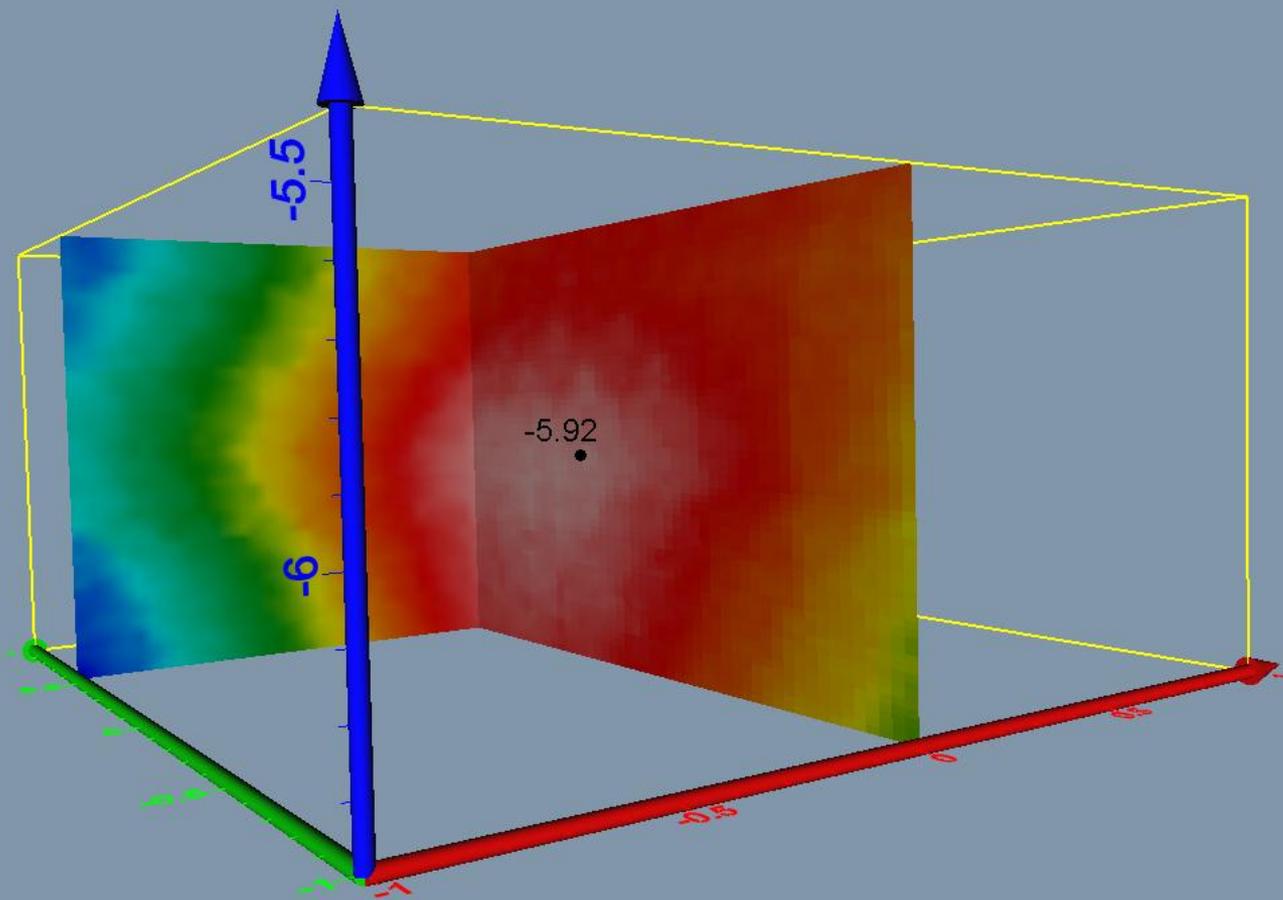
Определение глубины очага по функции согласования фазовых спектров первых вступлений



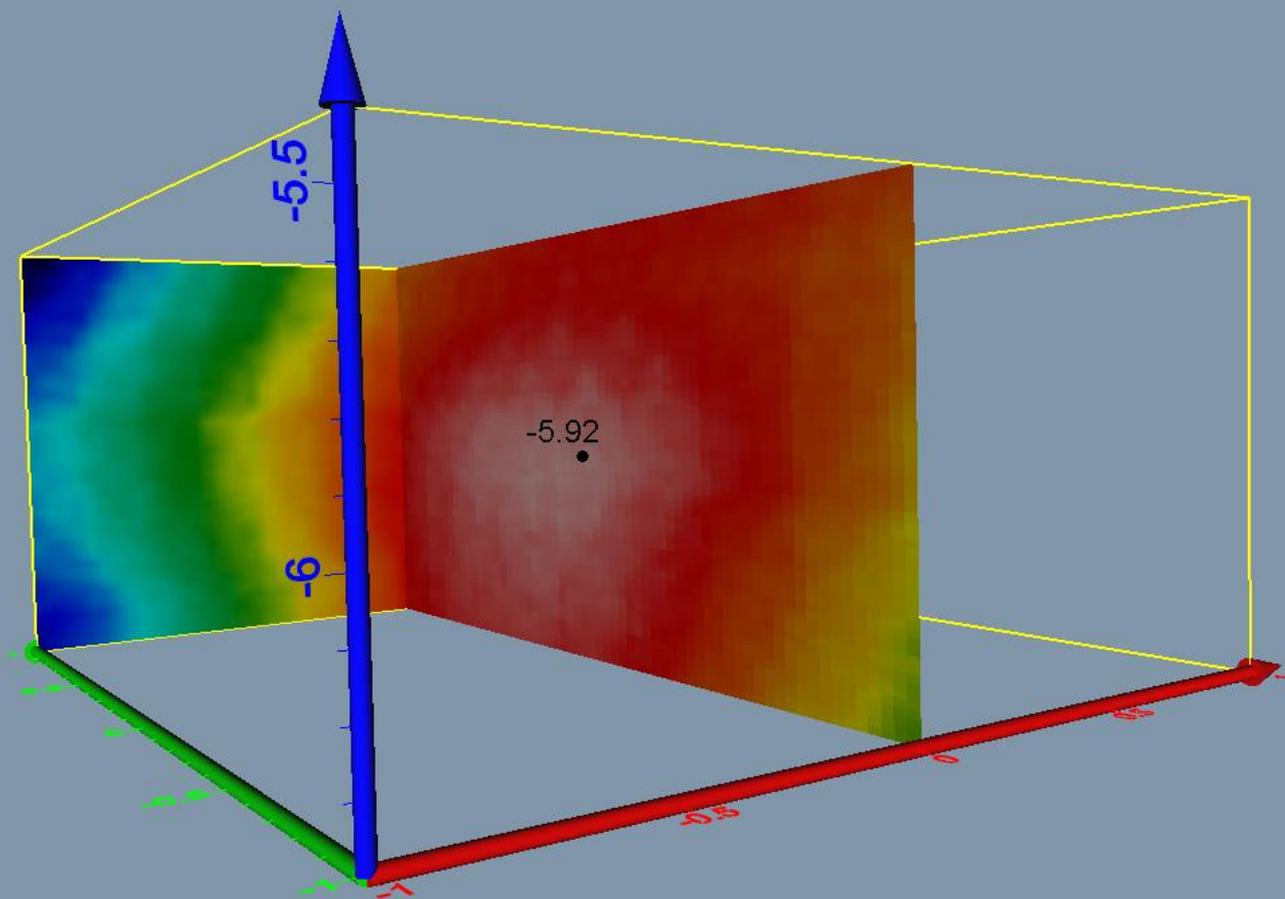
Определение глубины очага по функции согласования фазовых спектров первых вступлений



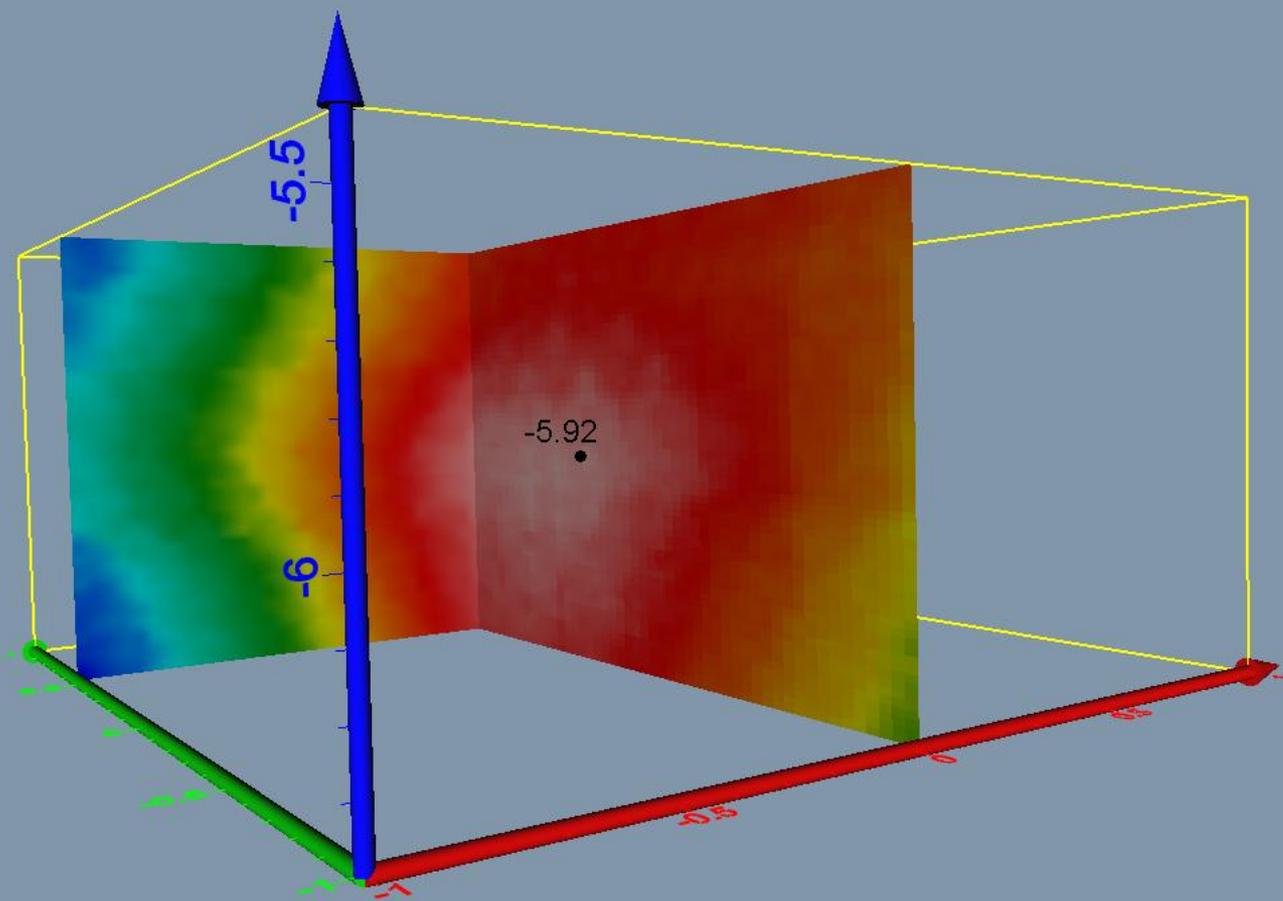
Определение глубины очага по функции согласования фазовых спектров первых вступлений



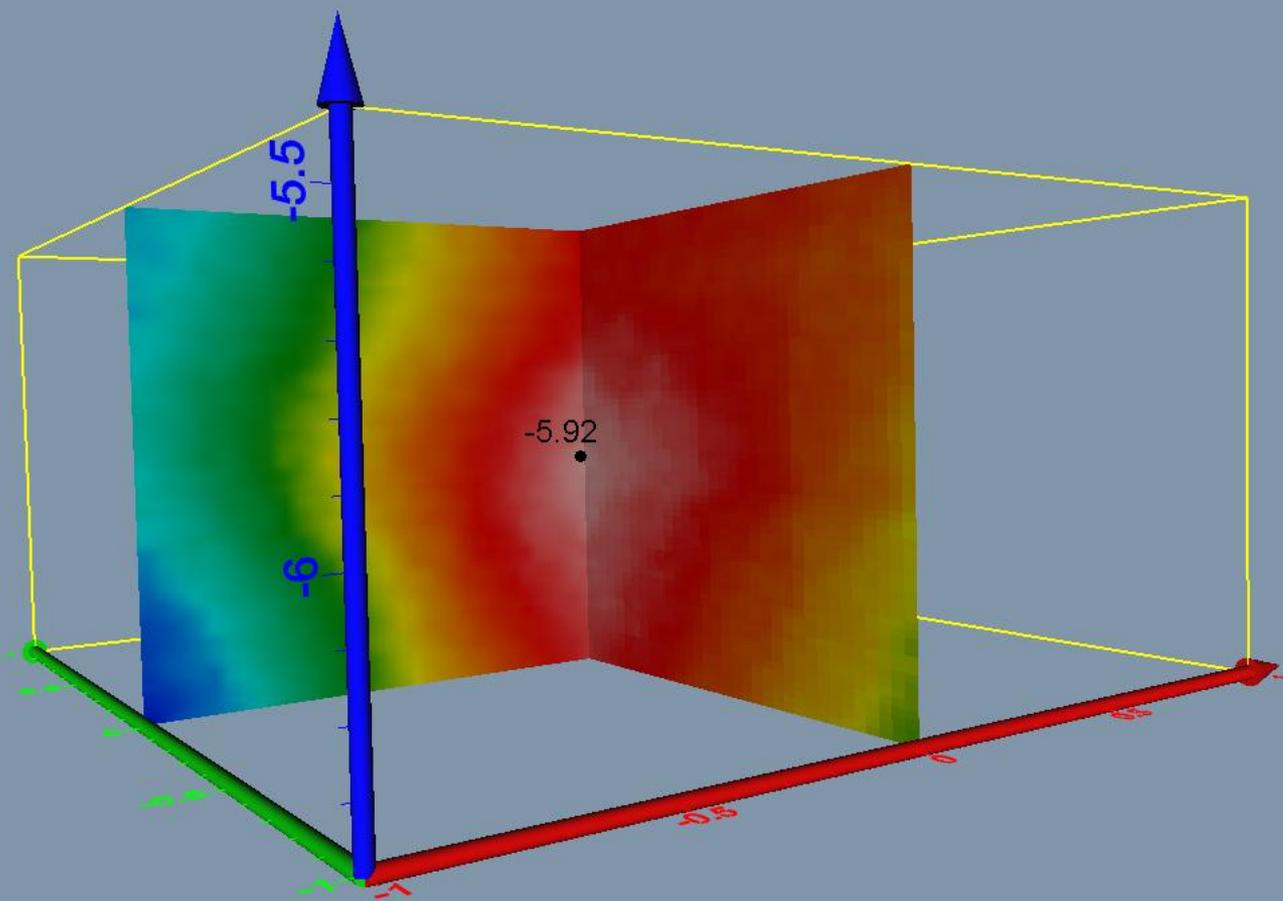
Определение глубины очага по функции согласования фазовых спектров первых вступлений



Определение глубины очага по функции согласования фазовых спектров первых вступлений

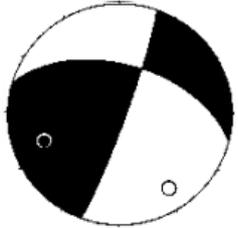
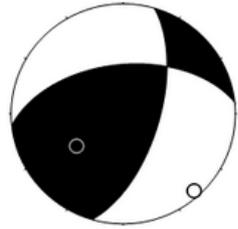
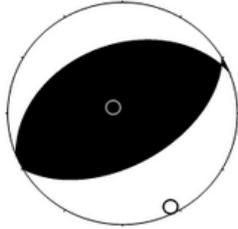


Определение глубины очага по функции согласования фазовых спектров первых вступлений

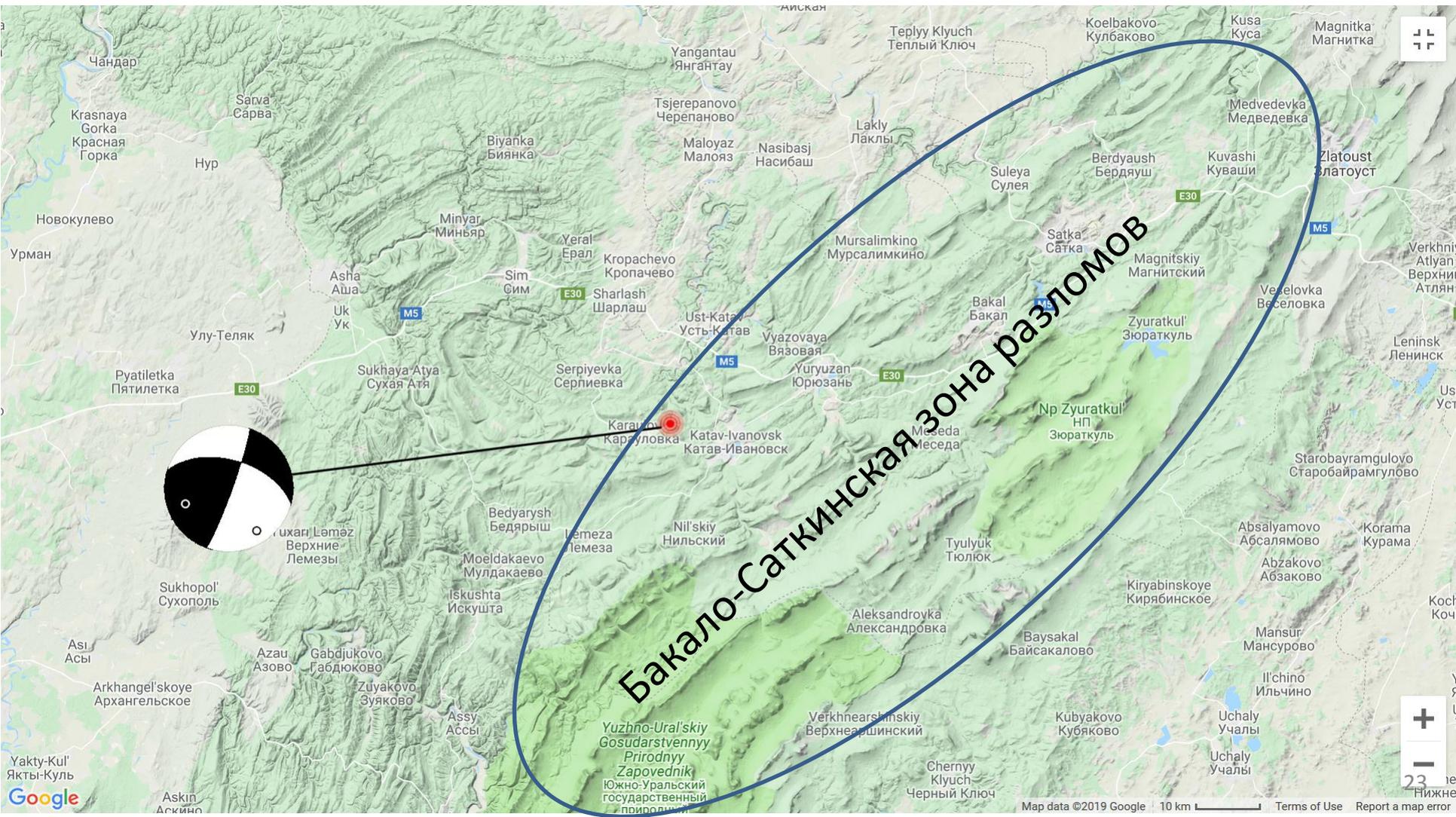


Механизм очага

Механизм очага землетрясения рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн на 42 станциях, из них на 20 станциях зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 22 станциях – разрежения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний 1.5-94.6° и в азимутальном створе Az=12-355°.

Оси главных напряжений			Нодальные плоскости		Центр	
T	P	N	NP1	NP2		
PI: 29 Azm: 249	PI: 21 Azm: 147	PI: 27 Azm: 53	Stk: 285 Dp: 54 Slip: 173 Правосторонний сдвиг с элементами взброса	Stk: 19 Dp: 85 Slip: 37 Левосторонний взбросо-сдвиг	ФИЦ ЕГС РАН	
PI: 48 Azm: 234	PI: 6 Azm: 137	PI: 42 Azm: 42	Stk: 264 Dp: 53 Slip: 146	Stk: 16 Dp: 64 Slip: 42	NEIC	
PI: 83 Azm: 304	PI: 6 Azm: 153	PI: 4 Azm: 62	Stk: 247 Dp: 39 Slip: 96	Stk: 60 Dp: 52 Slip: 85	GFZ	

Сопоставление механизма очага с тектонической обстановкой района



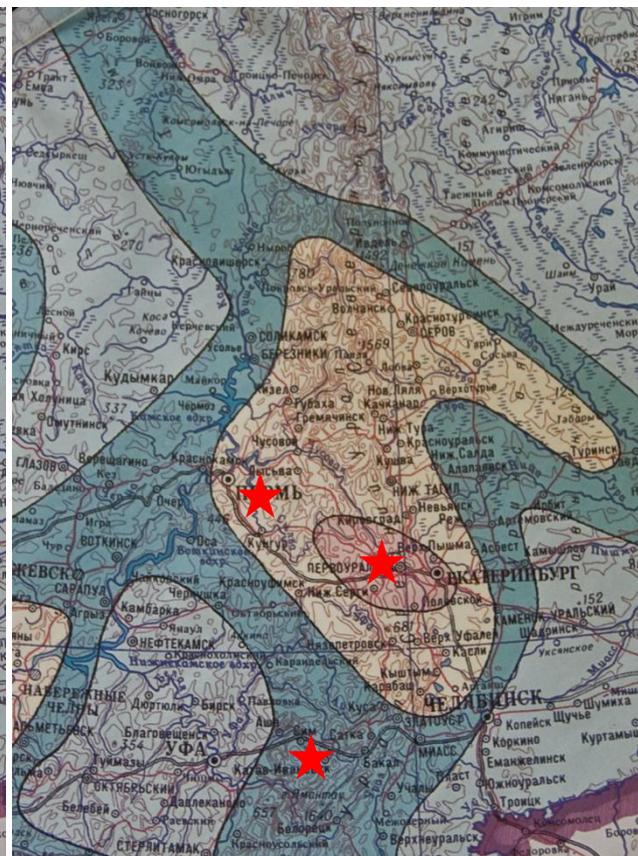
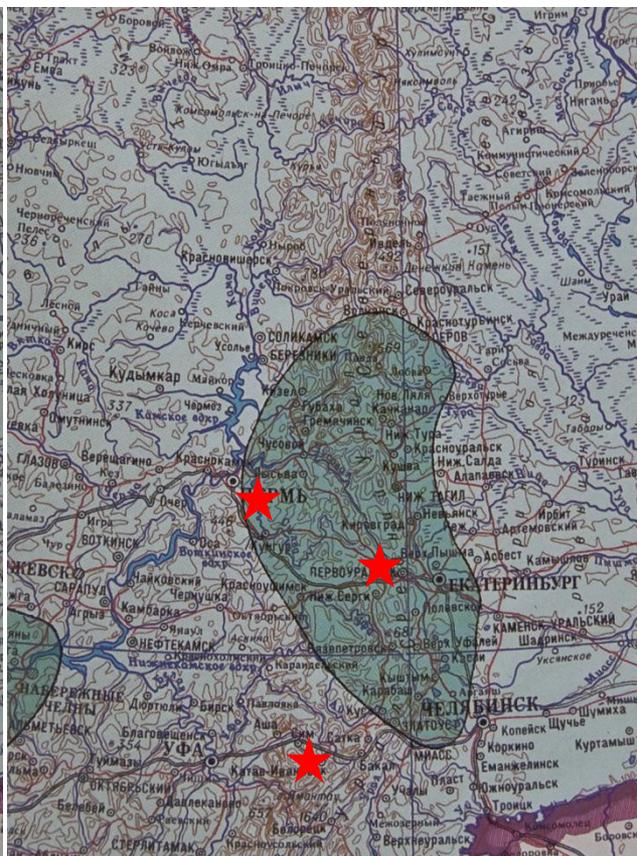
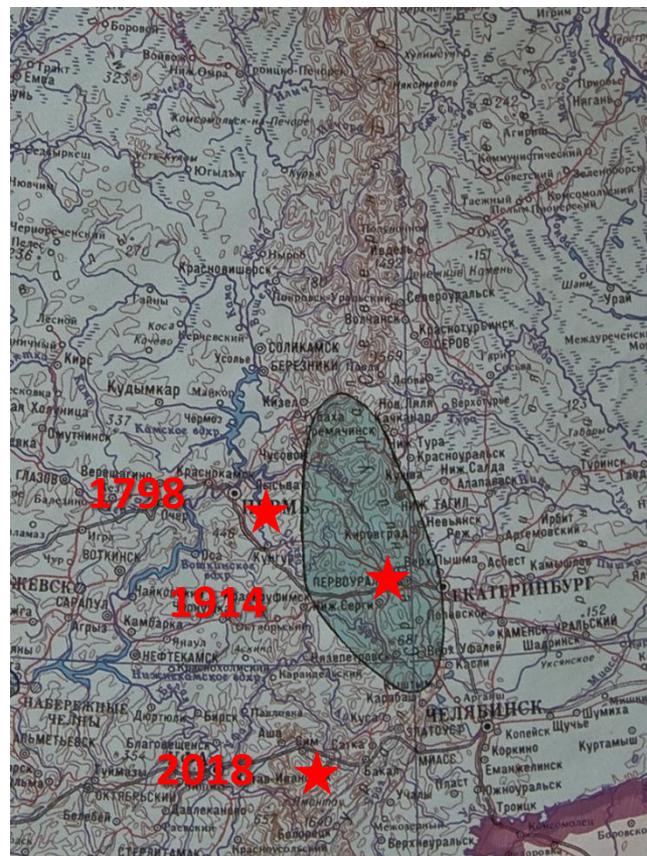
Заключение

- Относительная локация по данным удаленных станций (более 100 км) позволяет в несколько раз снизить ошибку локации в плане (до первых километров)
- Для относительной локации необходимо равномерное азимутальное покрытие станциями, причем желательно с каждого направления иметь несколько станций, позволяющих точнее установить временной сдвиг
- Приняв один из афтершоков Катав-Ивановского землетрясения с точно установленными координатами за мастер- событие, установлено наиболее вероятное местоположение эпицентров главного толчка и двух сильных афтершоков 5 и 29 сентября 2018 г.
- Методом согласования спектральных фаз определена глубина главного толчка (5.9 км)
- Определен механизм очага главного толчка. Характер расположения облаков афтершоков склоняет в пользу нодальной плоскости, соответствующей левостороннему взбросо-сдвигу

Спасибо за внимание!

Сильнейшие тектонические землетрясения Урала

Комплект карт ОСР-2015 (1997)



А
★

В

С

эпицентры землетрясений