



Физический факультет
Московского
государственного университета
имени М.В.Ломоносова

ИЗУЧЕНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ МЕТОДОМ СПЕКТРАЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Докладчик:

Молокова Алисия
Павловна,
МГУ, ИТПЗ РАН,
г. Москва

Научный руководитель:

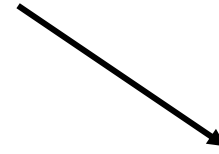
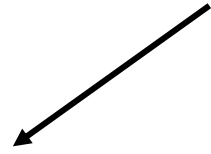
Смирнов Владимир Борисович,
зав.кафедрой физики Земли
Физического факультета
МГУ, доцент, д.ф.-м.н.

Научный консультант:

Шебалин Пётр Николаевич,
Директор ИТПЗ РАН, д.ф.-м.н.

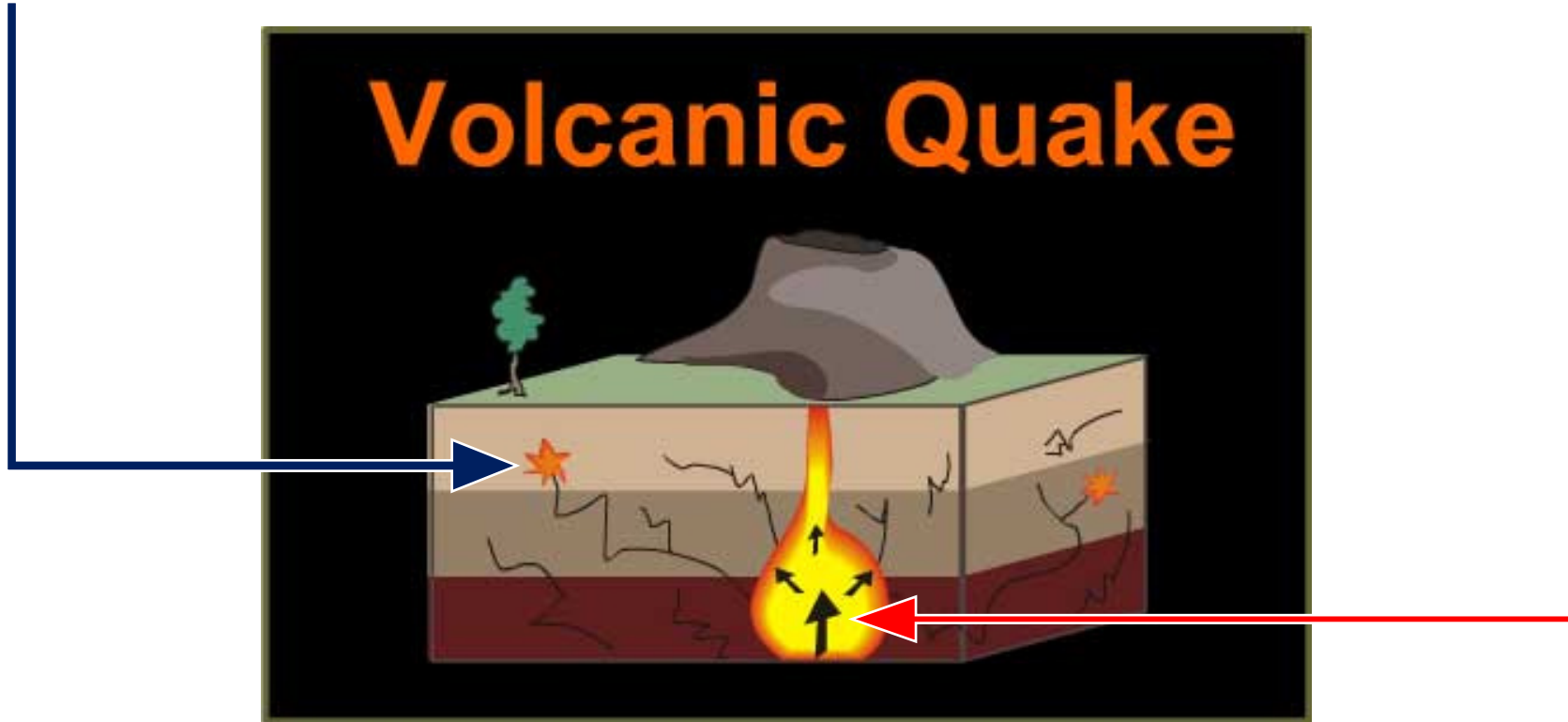


Вулканические землетрясения



Высокочастотные
(вулкано-тектонические)

Низкочастотные
(длиннопериодные)



Эксперимент KISS

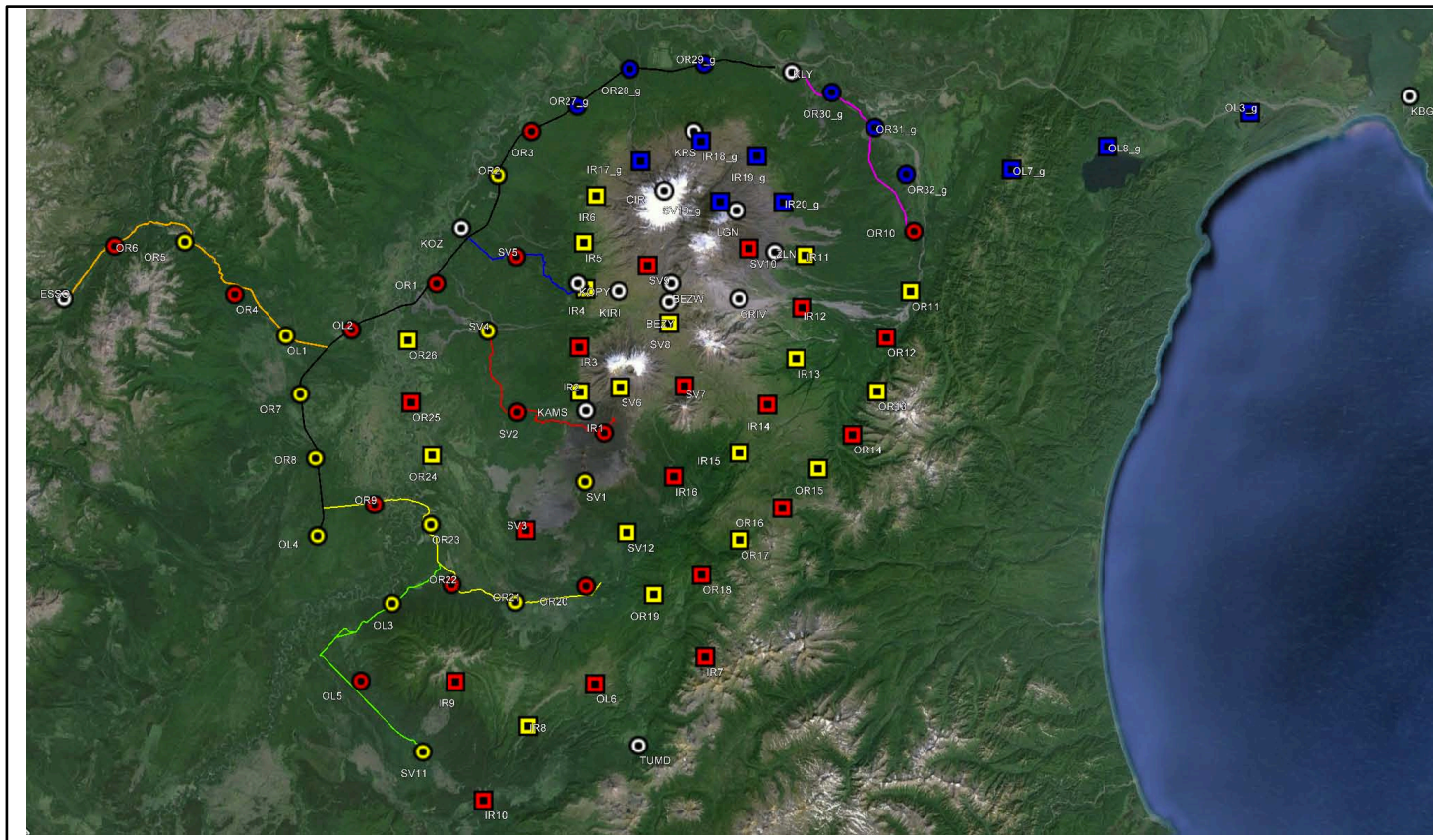
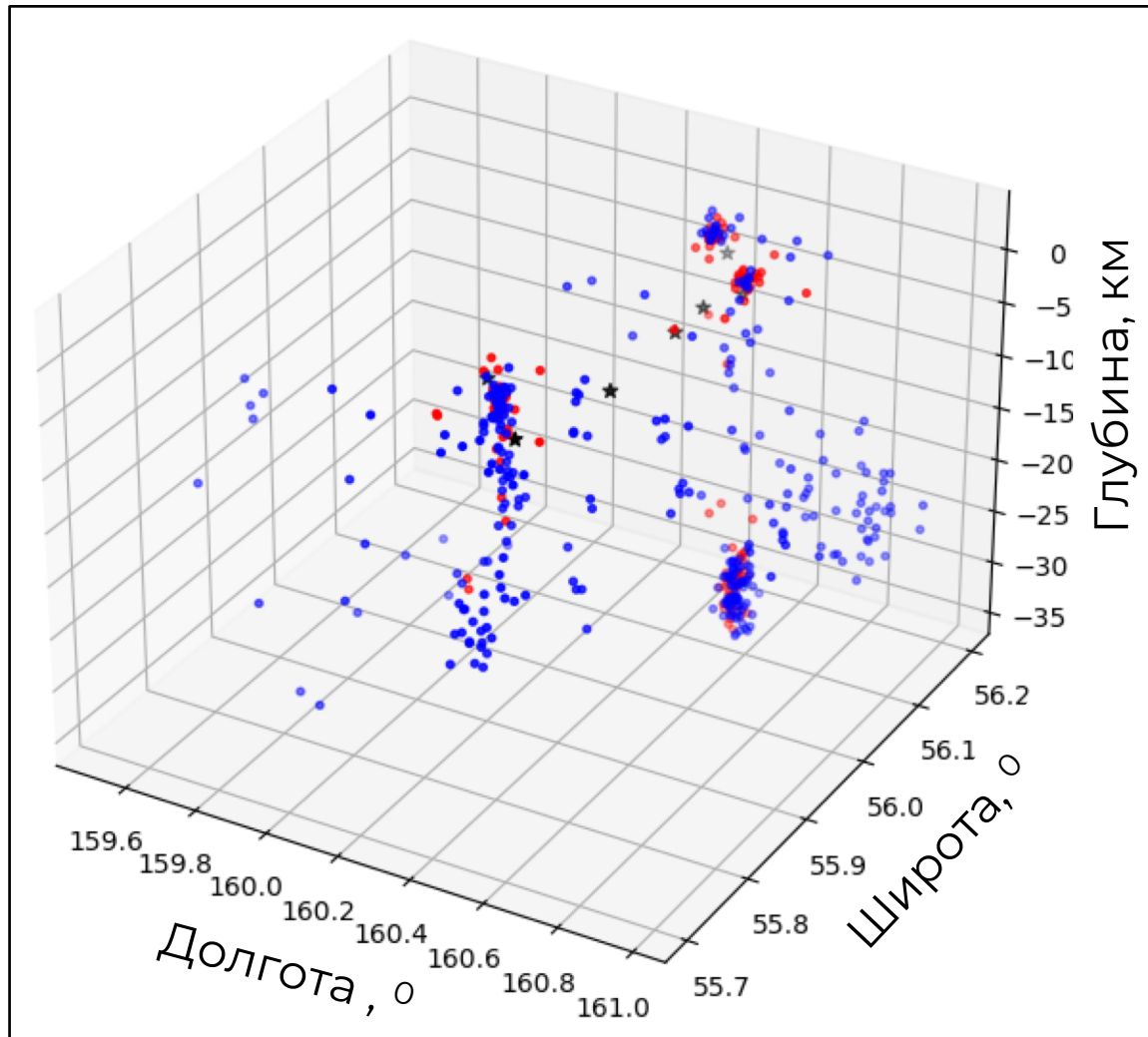


Схема установки сейсмических станций в районе КГВ.
Кружки – автомобиль.
Квадраты – вертолет.
Желтые – MARK L-4C-3D.
Красные – TRILLIUM COMPACT.
Синие – Guralp.
Белые – сейсмические станции сети КФ ГС



Вулканические землетрясения под Ключевской группой вулканов, записанные в рамках эксперимента KISS



Карта вулканических землетрясений под КГВ, записанных в рамках проекта KISS

Синие (87%) – ВЧ землетрясения

Красные (13%) – ДП землетрясения

Черные – вулканы

Идентификация типов вулканических землетрясений

- В рамках бакалаврского диплома были идентифицированы вулканические землетрясения по данным каталога KISS с помощью оценки соотношения между низкими и высокими частотами

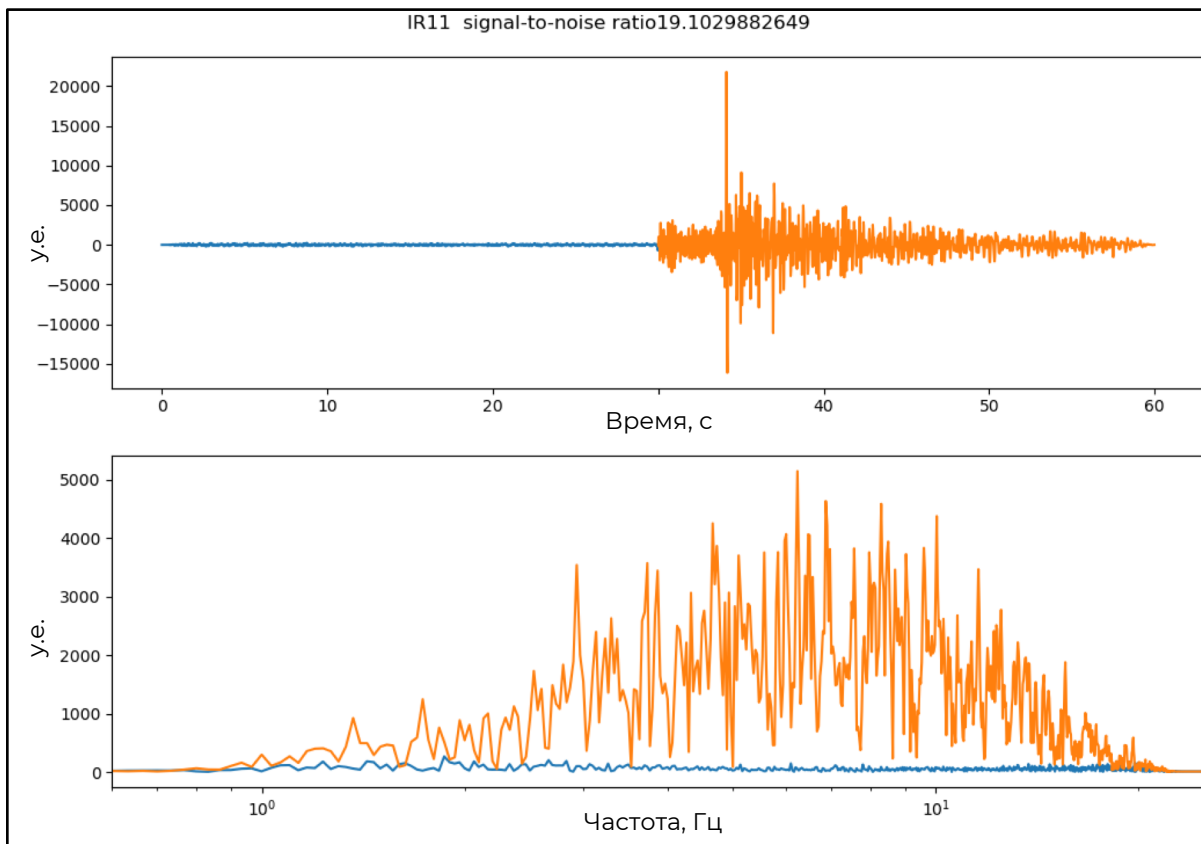
$$\ln \left(\frac{\sum v_{lp} / n_{lp}}{\sum v_{hf} / n_{hf}} \right)$$

$\sum v_{lp}$ и $\sum v_{hf}$ – суммы значений амплитуд **длиннопериодных** и **высокочастотных** землетрясений

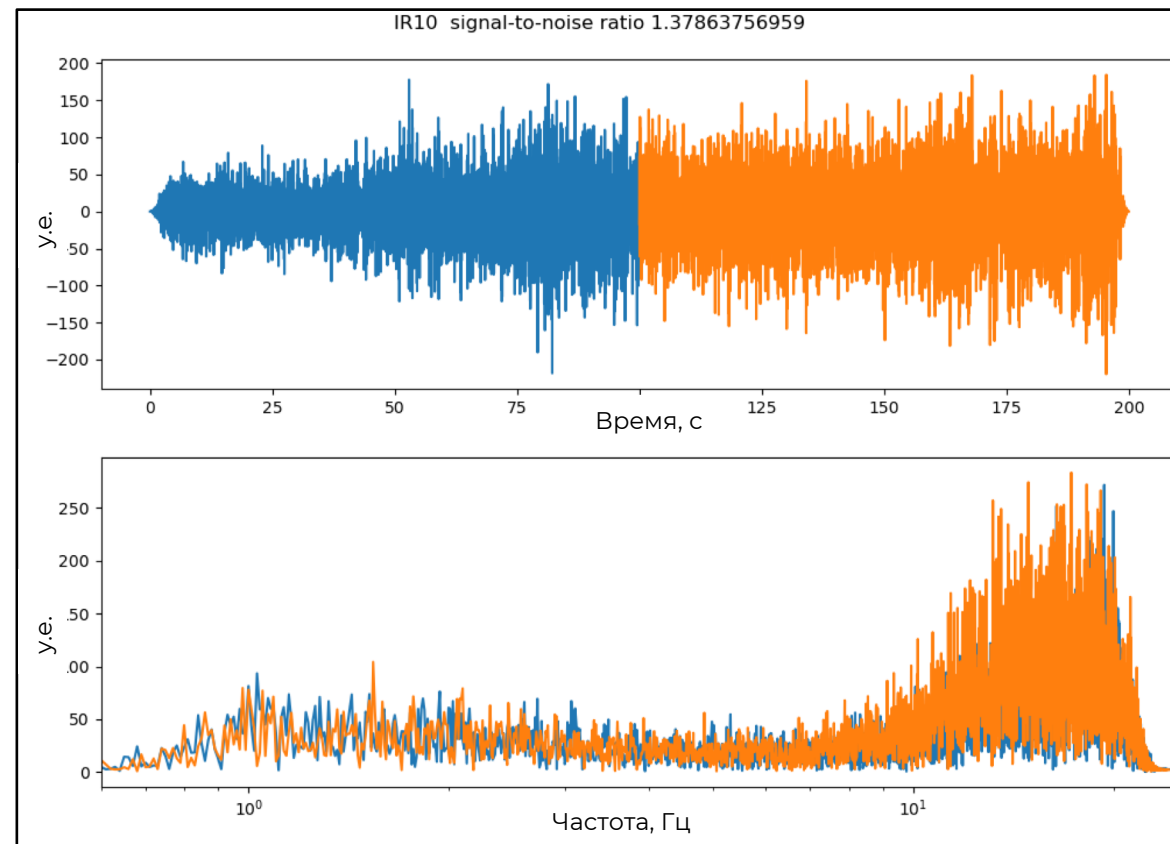
n_{lp} и n_{hf} – число частот в **ДП (1-3 Гц)** и **ВЧ (4-11 Гц)** диапазонах



Оценка соотношения между **сигналом** и **шумом**



*Пример хорошей записи.
Отношение сигнал-шум равно 19,1*



*Пример записи с шумом.
Соотношение сигнал-шум равно 1,38*

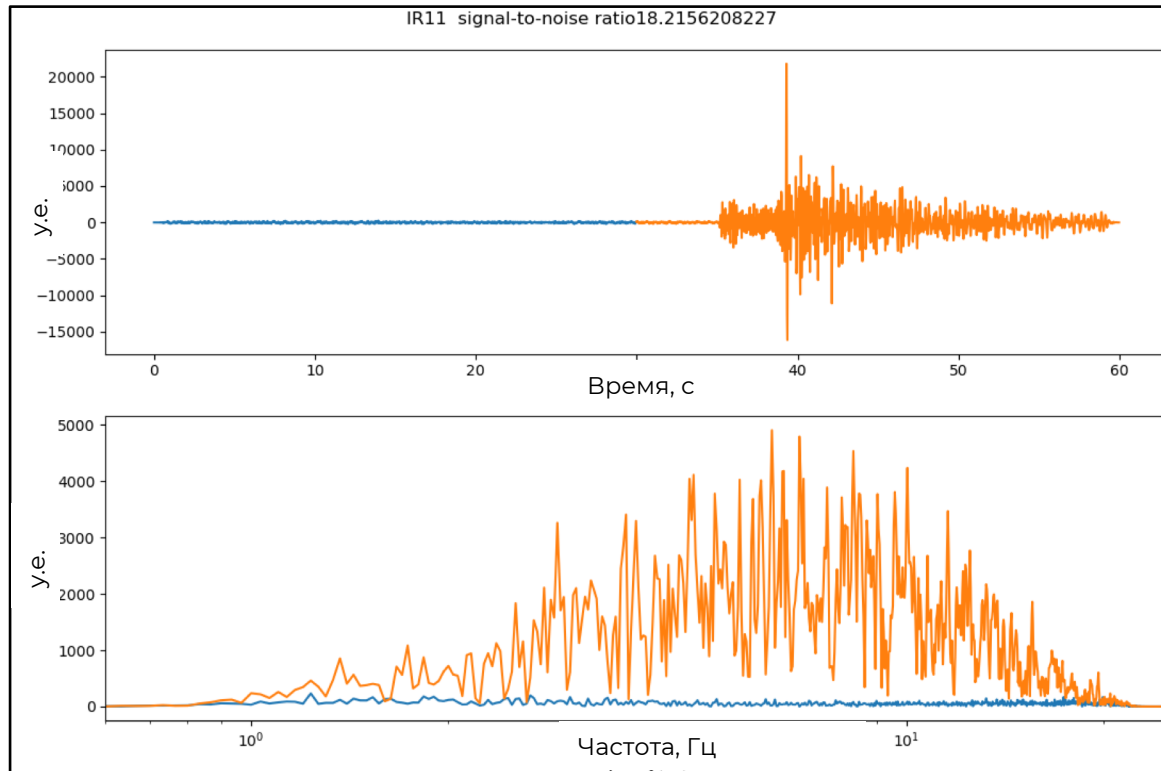
*Синий – запись шума, **оранжевый** – запись события.*



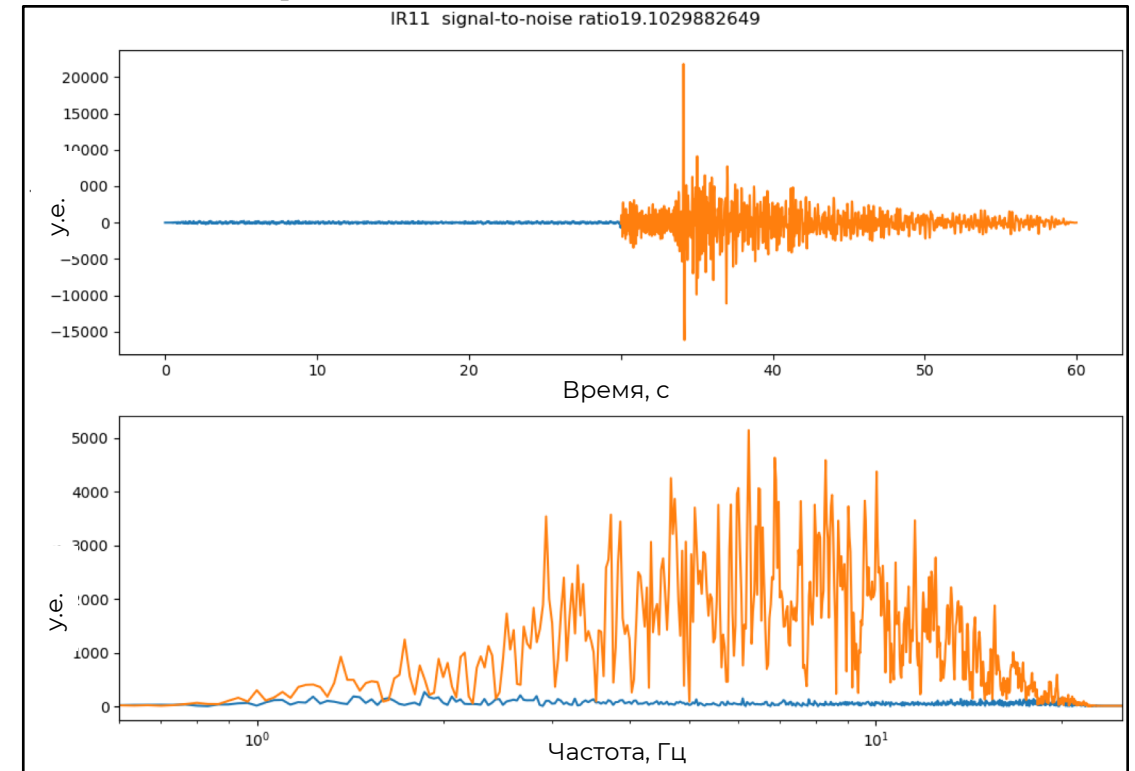
Поправка определения границы «сигнал-шум»

$$t = t_0 + \frac{S}{v_p}$$

t_0 – время в очаге из каталога
 S – расстояние от землетрясения до станции
 v_p – скорость р-волны



Без поправки

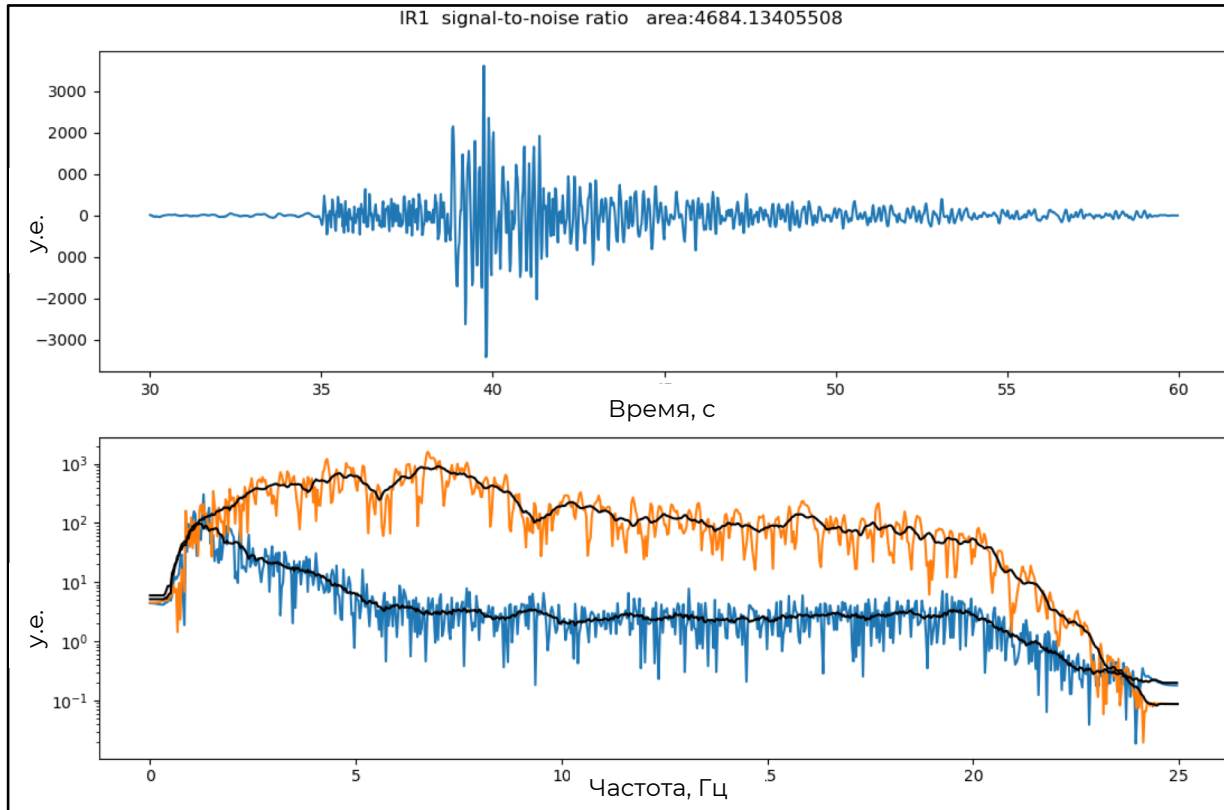


С поправкой

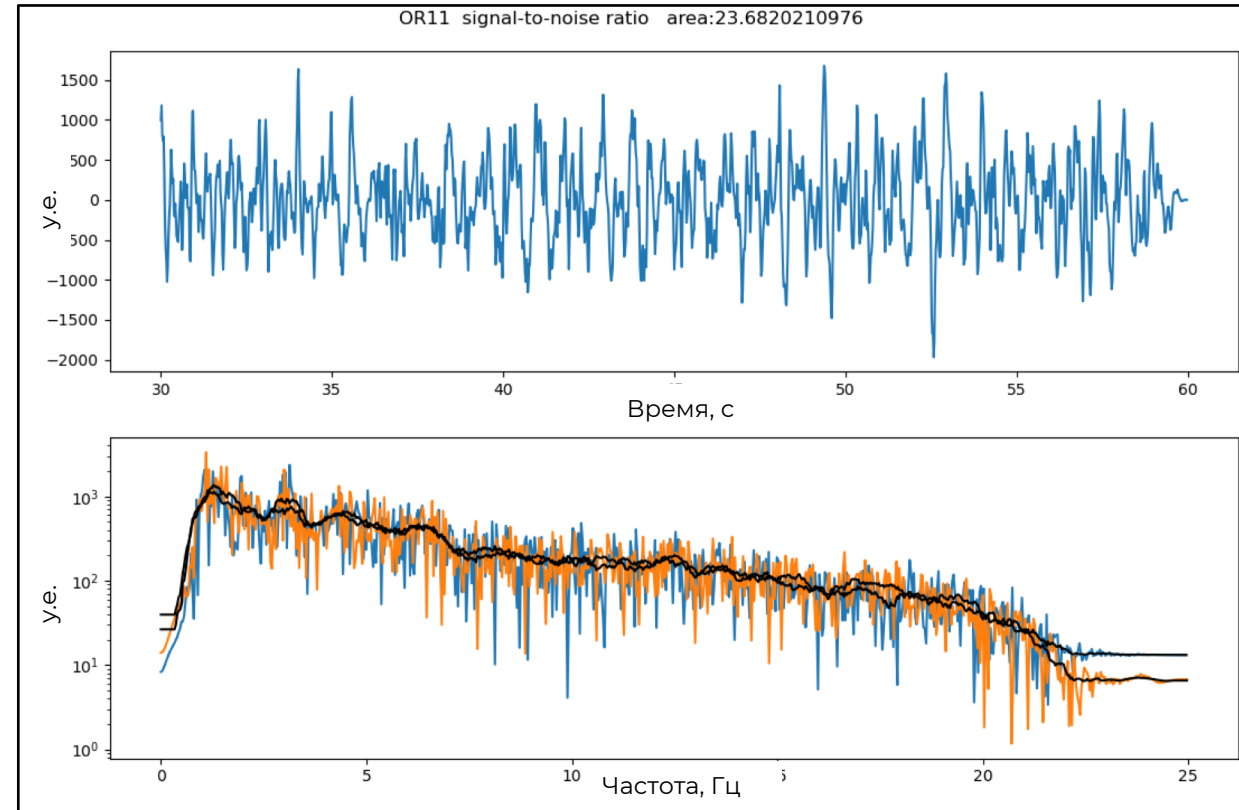
Синий – запись шума, оранжевый – запись события.



Оценка соотношения между **сигналом** и **шумом** по площадям



*Пример хорошей записи.
Площадь равна 4684*



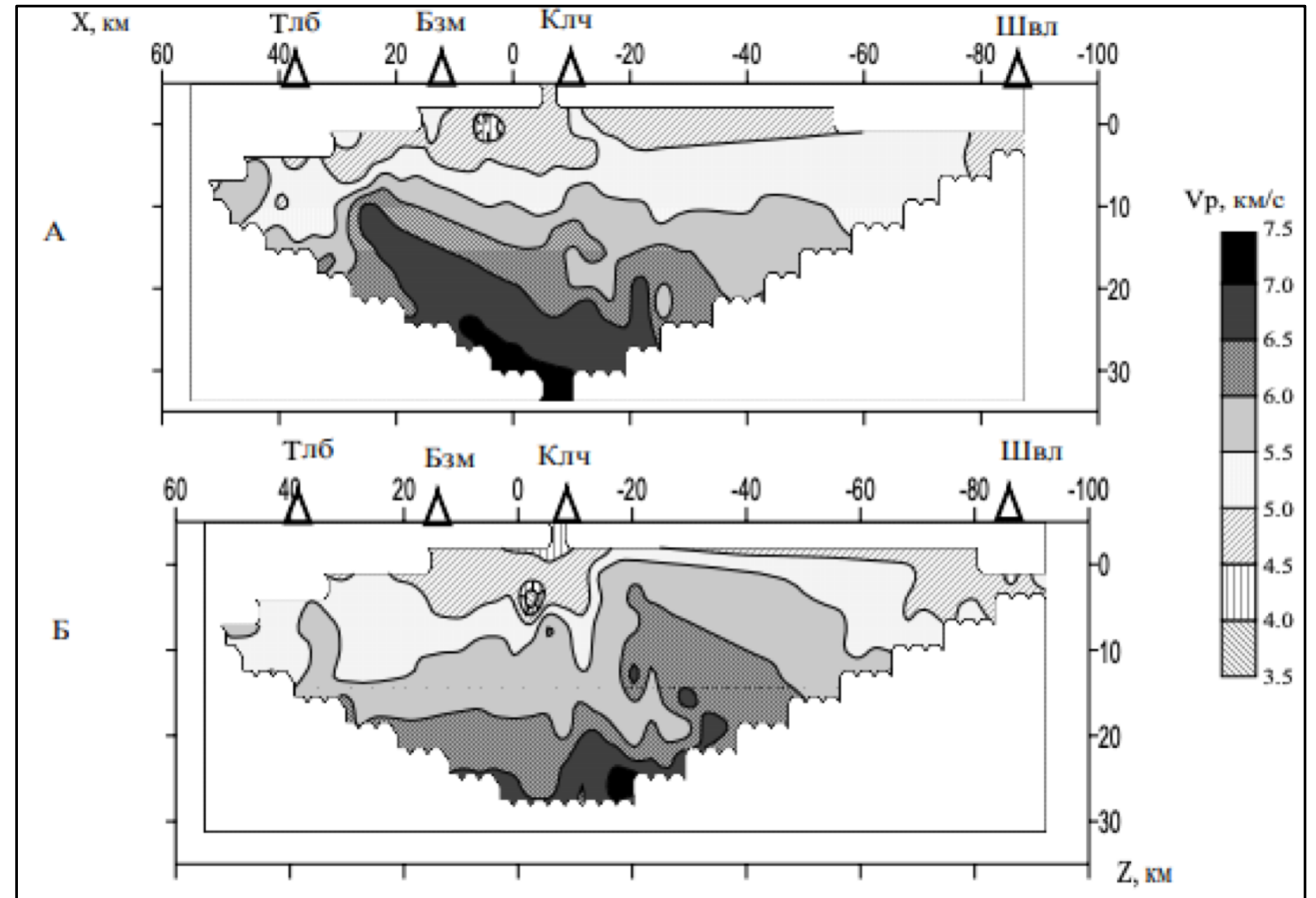
*Пример записи с шумом.
Площадь равна 24*

*Синий – запись шума, **оранжевый** – запись события.*



Скоростная модель под КГВ

- Первая половина 2005 года активность вулканов Ключевской и Безымянный достигла «красно-оранжевого» уровня по данным КФ ГС РАН
- Во второй половине 2005 года вулканы КГВ не проявляли особую активность («зелено-желтый уровень»)



Изолинии поля скорости продольной волны в плоскости XZ. А – 1 половина 2005 г., Б – 2 половина 2005. Обозначения вулканов: Тлб - Плоский Толбачик, Бзм - Безымянный, Клч - Ключевской, Швл – Шивелуч



Метод спектральных отношений

Модель Бруна [1970]:

$$\frac{\dot{M}_1(f)}{\dot{M}_2(f)} = \frac{M_{01}}{M_{02}} \left(\frac{1 + \left(\frac{f}{f_{c2}}\right)^{\gamma n}}{1 + \left(\frac{f}{f_{c1}}\right)^{\gamma n}} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

\dot{M}_1 и \dot{M}_2 – амплитудные спектры сильных и слабых землетрясений соответственно

f – частота

f_{c1} и f_{c2} – корнер-частоты сильных и слабых землетрясений соответственно

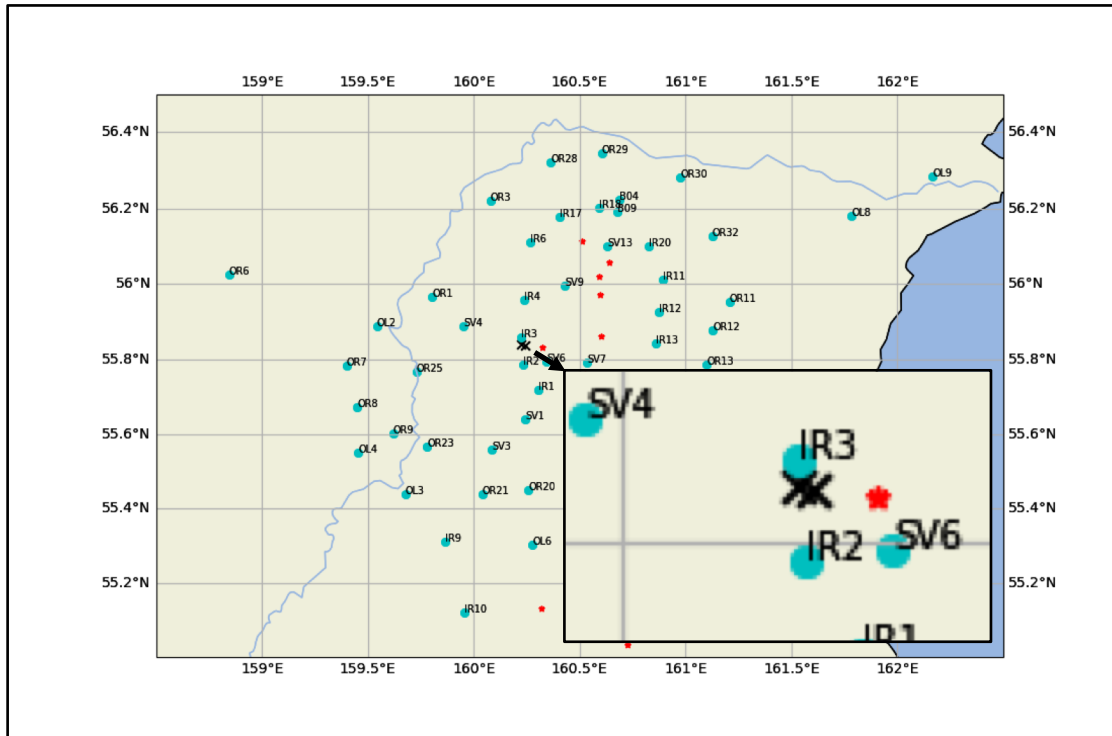
M_{01} и M_{02} – сейсмические моменты сильных и слабых землетрясений соответственно

n – высокочастотный спад (falloff)

γ – константа, управляющая формой угла



Метод спектральных отношений



Карта расположения выбранной пары событий. Черные крестики – выбранные события, **красные звездочки** – вулканы, **голубые кружки** – станции

Сильное событие – высокочастотное вулканическое землетрясение:

- 2015-10-20T17-06- 30.252,
- широта 55.8365, долгота 160.2447
- Глубина 19.98 км
- Магнитуда 2.65

Слабое событие – высокочастотное вулканическое землетрясение:

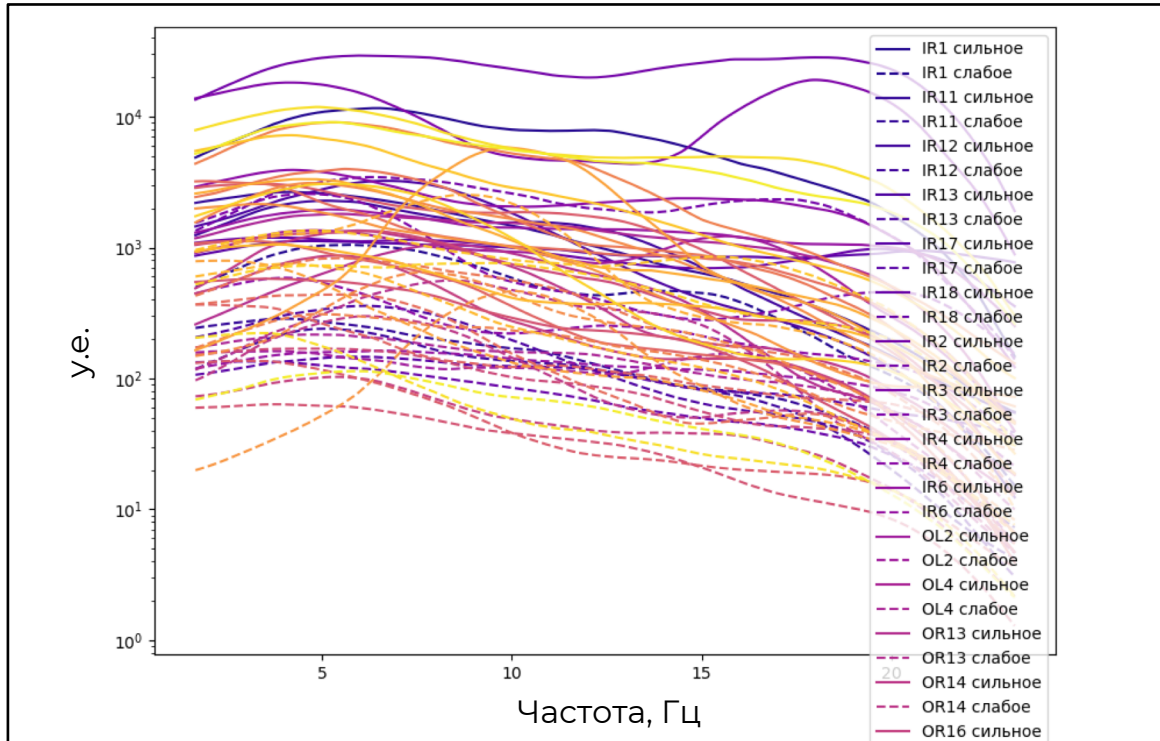
- 2015-11-20T12-28- 18.834
- широта 55.8395, долгота 160.2258
- Глубина 19.4 км
- Магнитуда 1.6

Расстояние между событиями – 1226 м



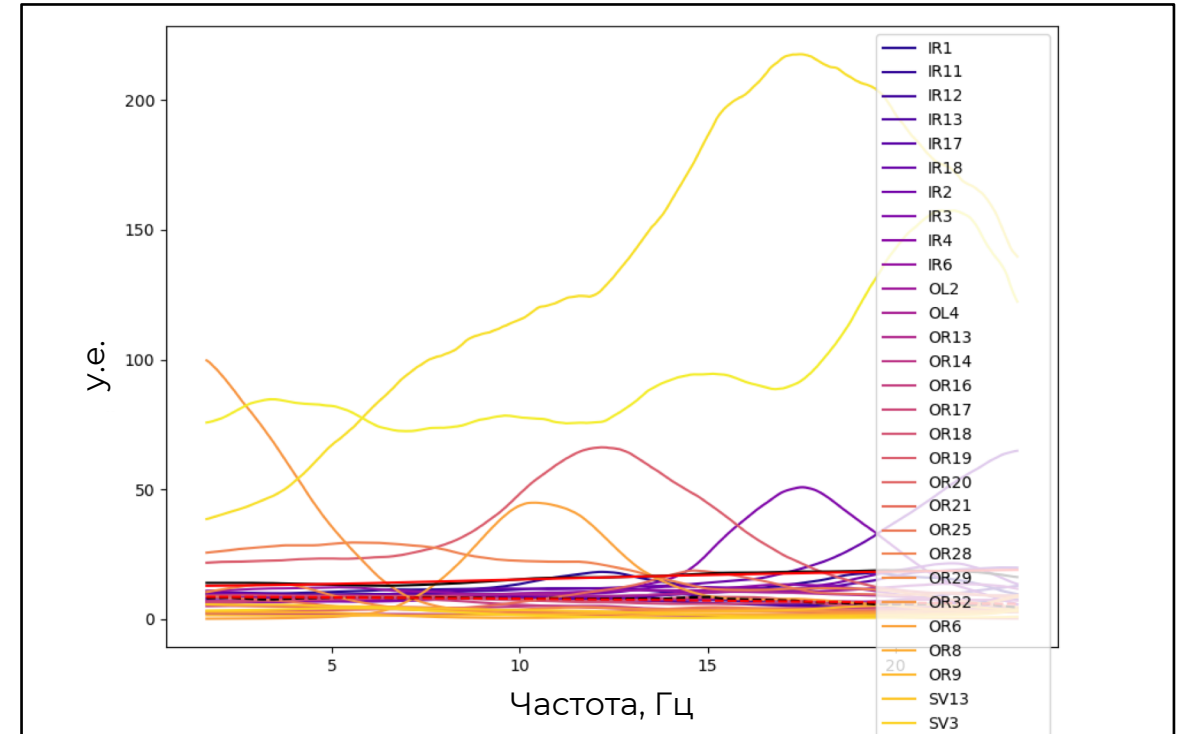
Метод спектральных отношений

Спектры выбранной пары событий.



Сплошная – сильное событие,
пунктир – слабое событие.

Спектральное отношение
сильного события к слабому

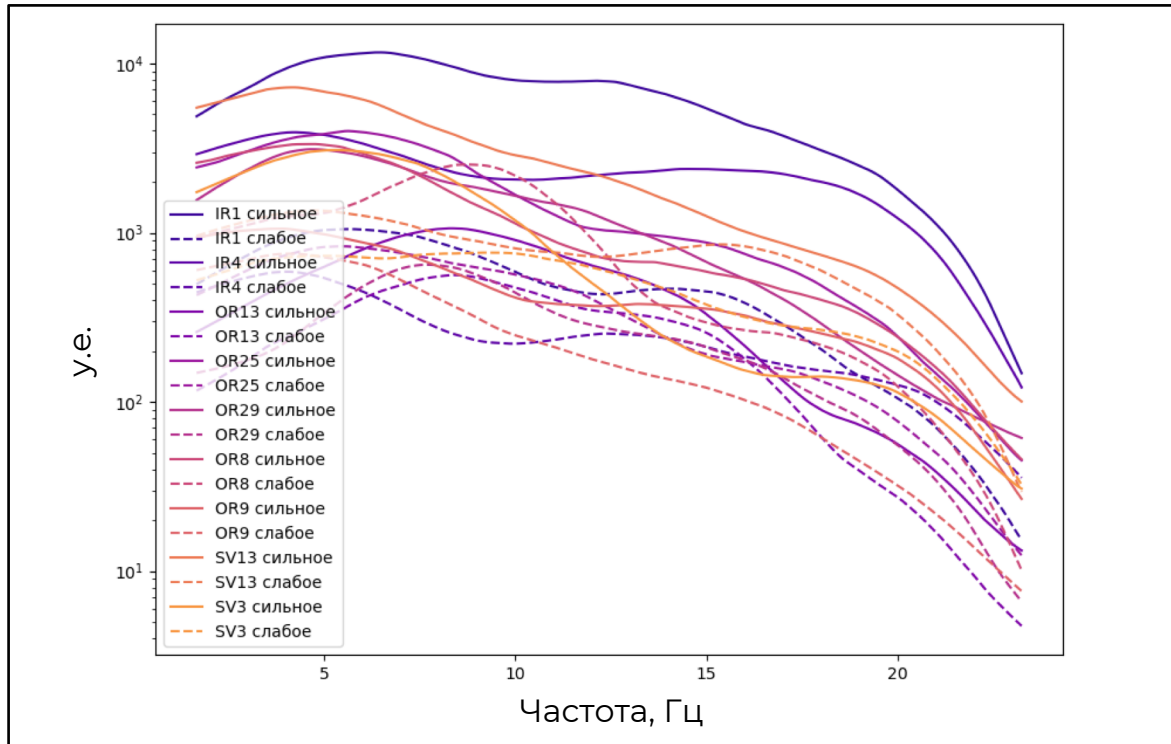


Оценка соотношения между сигналом и шумом



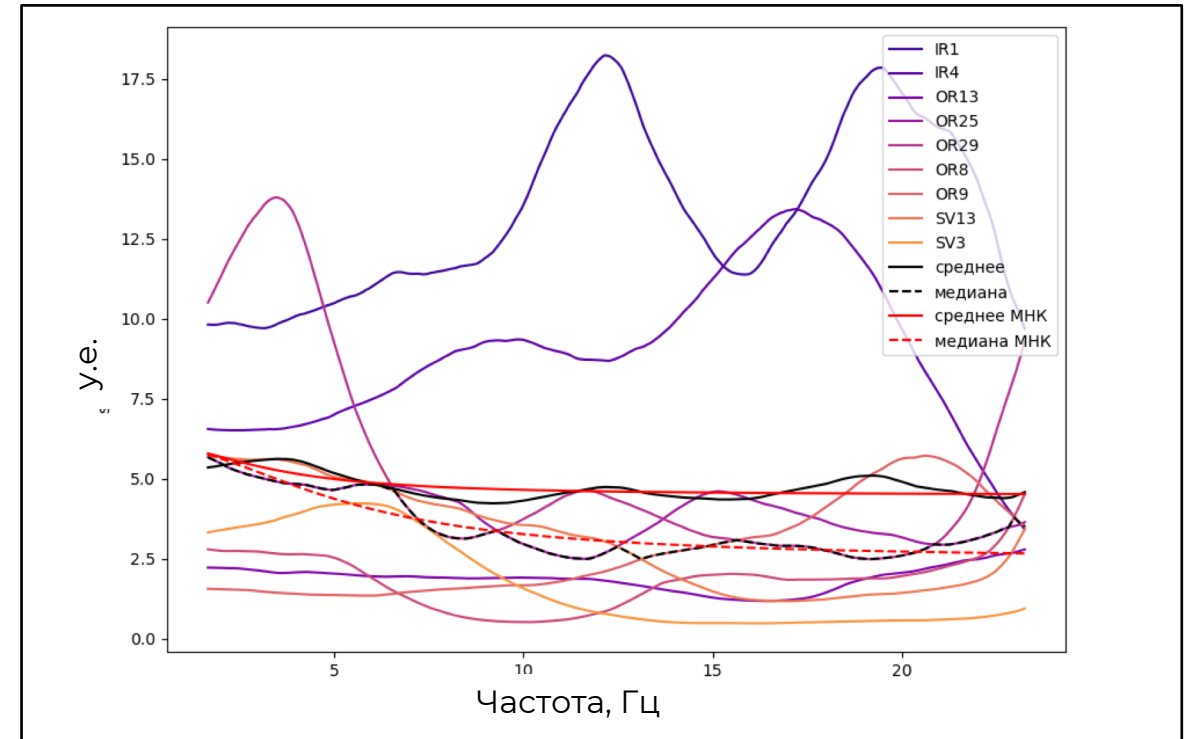
Метод спектральных отношений

Спектры выбранной пары событий.



Сплошная – сильное событие,
пунктир – слабое событие.

Спектральное отношение
сильного события к слабому

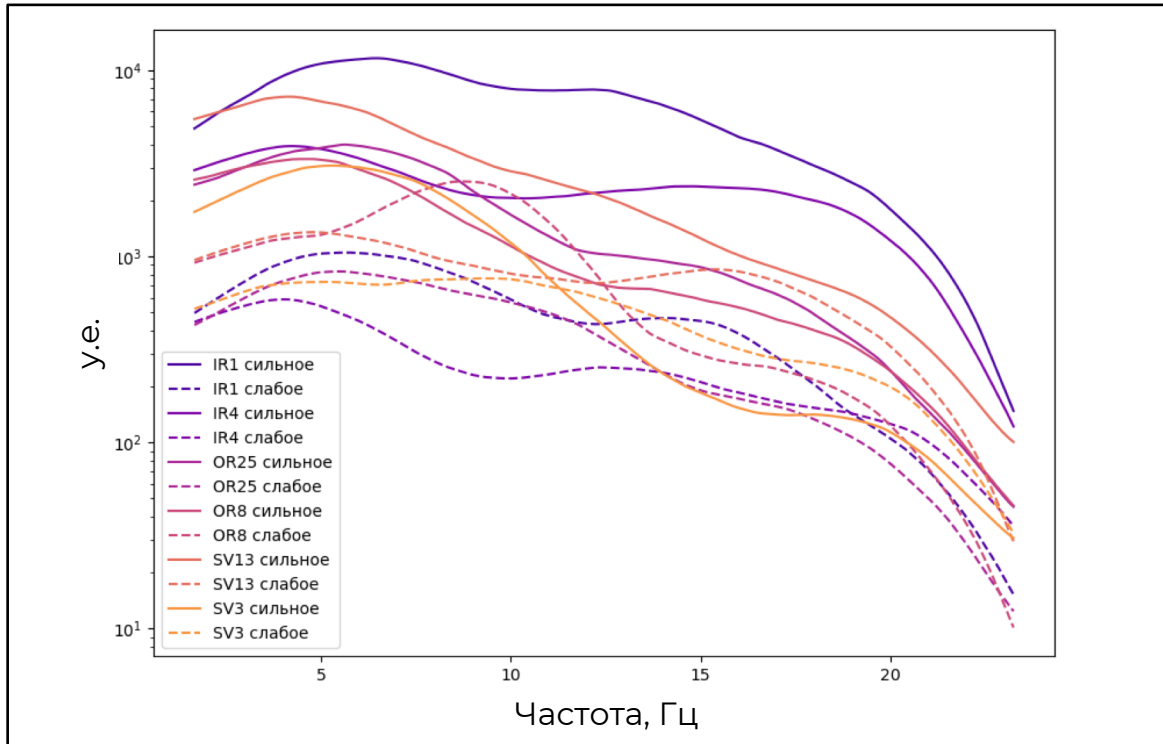


Оценка соотношения между сигналом и шумом **по площадям больше 3000**



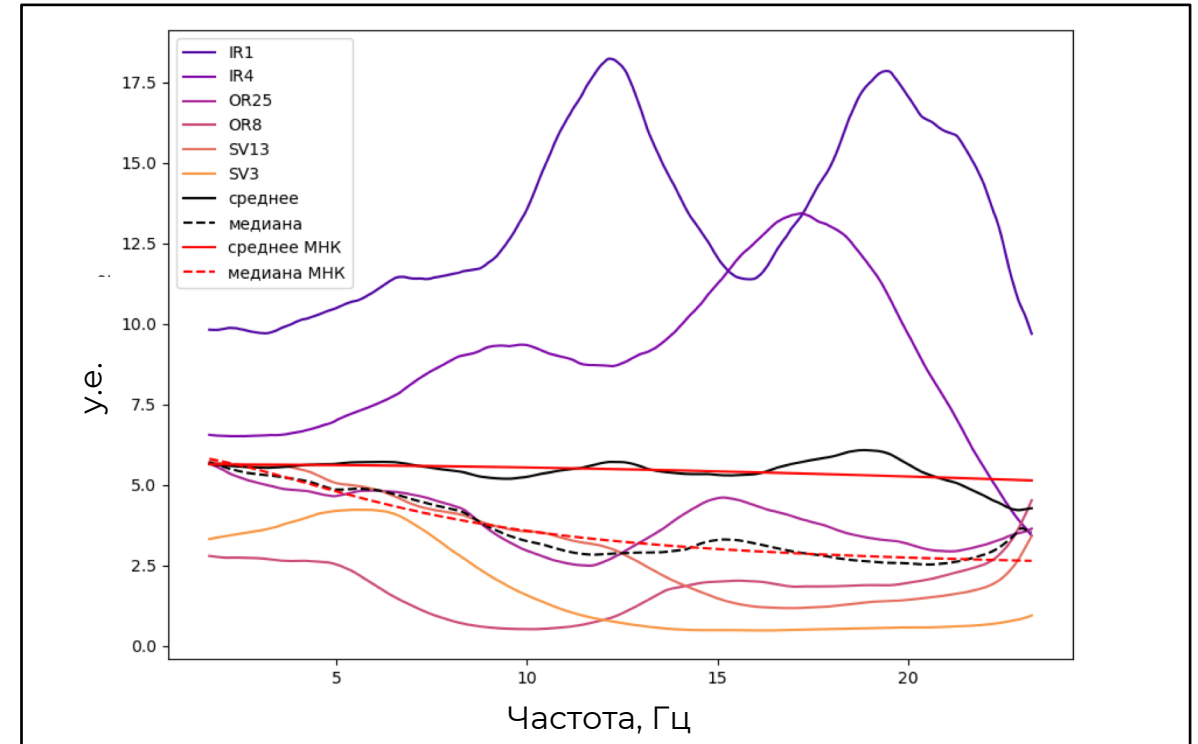
Метод спектральных отношений

Спектры выбранной пары событий.



Сплошная – сильное событие,
пунктир – слабое событие.

Спектральное отношение
сильного события к слабому

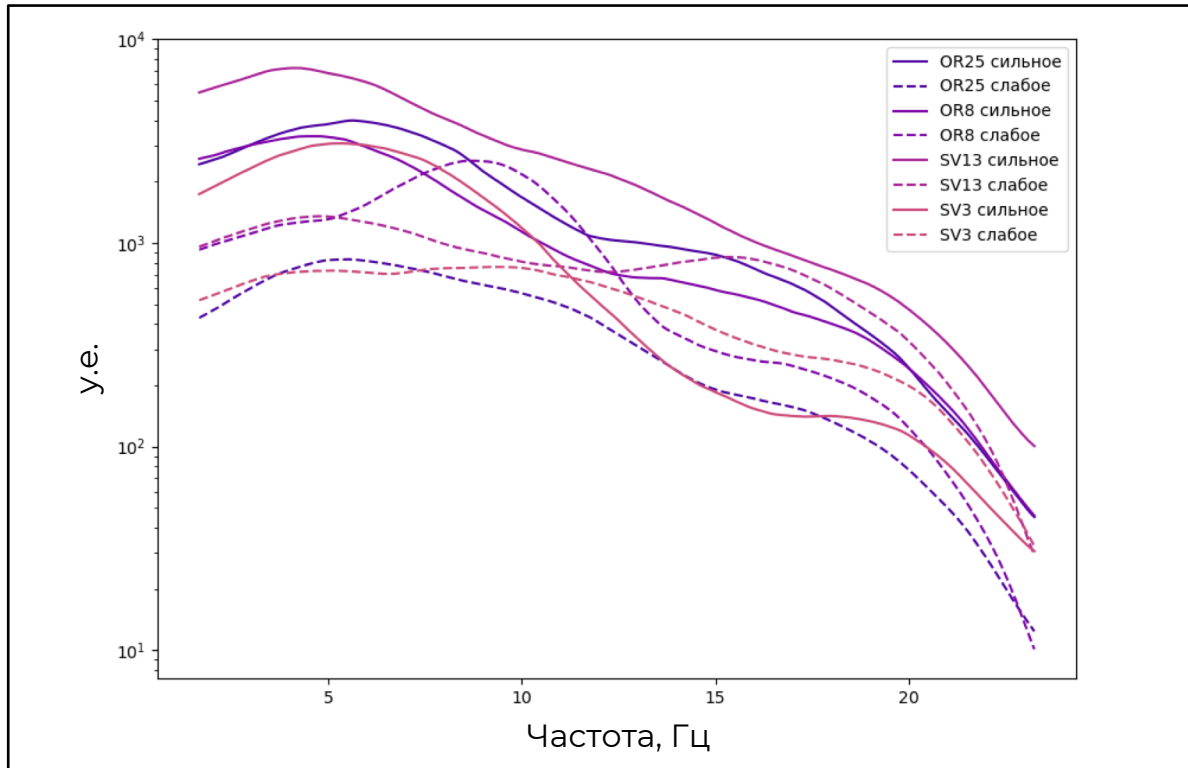


Оценка соотношения между сигналом и шумом **по площадям больше 5000**



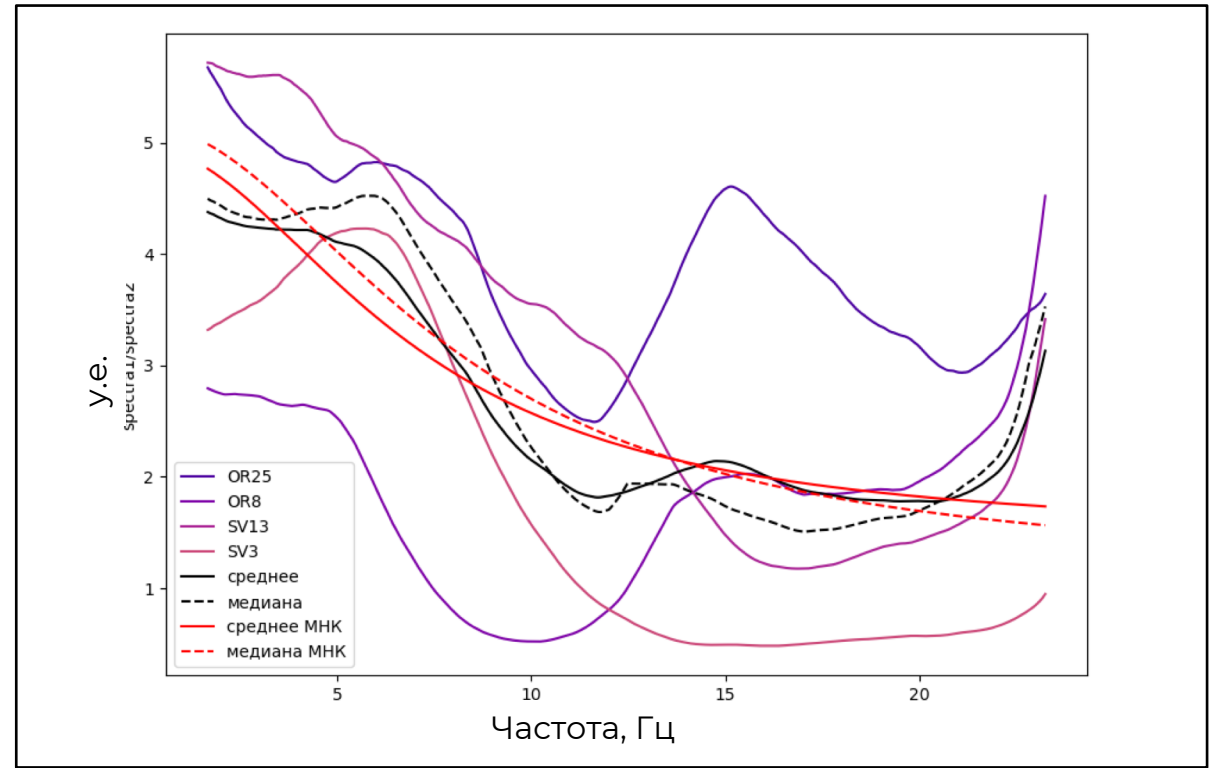
Метод спектральных отношений

Спектры выбранной пары событий.



Сплошная – сильное событие,
пунктир – слабое событие.

Спектральное отношение
сильного события к слабому



Оценка соотношения между сигналом и шумом **по площадям больше 5000**



Результаты по выбранной паре событий

- На примере рассмотренных событий, удалось получить альтернативные оценки отношения сейсмических моментов и характерных частот

По среднему:

$$\frac{M_{01}}{M_{02}} = 4,96$$

$$f_{c1} = 6,83 \text{ Гц}$$

$$f_{c2} = 12,61 \text{ Гц}$$

По медиане:

$$\frac{M_{01}}{M_{02}} = 5,16$$

$$f_{c1} = 7,96 \text{ Гц}$$

$$f_{c2} = 16,88 \text{ Гц}$$





Физический факультет
Московского
государственного университета
имени М.В.Ломоносова

Спасибо за внимание

