



АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ НИЗКОЧАСТОТНОГО МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ФОНА НА КАМЧАТКЕ

А.Н. БЕСЕДИНА, Г.Г. КОЧАРЯН, С.Б. КИШКИНА

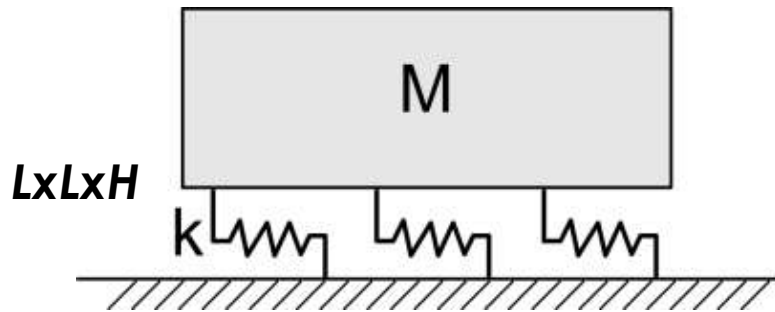
ИДГ РАН, Москва, Россия

АКТУАЛЬНОСТЬ

- С развитием сейсмических сетей стали активно проводиться оценки состояния геосреды по параметрам регистрируемого микросейсмического шума; в том числе и с точки зрения поиска предвестников сильных землетрясений.
[Lyubushin, 2009; Любушин, 2011, 2016; Sovic et al., 2013; Салтыков, 2014]
- Высокочастотный сейсмический шум использован при анализе параметров шума при подготовке Камчатских землетрясений 2003-2004 гг.
[Кугаенко, Салтыков, 2005]
- Низкочастотные микросейсмические колебания усиливаются перед сильными землетрясениями Камчатки, Курильских островов и Японии.
[Соболев, Любушин, 2006; Соболев, 2014]
- Возникновение и эволюции колебаний Земли после землетрясений при анализе параметров шума по записям нескольких широкополосных станций.
[Соболев, 2014]
- На лабораторном уровне было показано, что переход модельного разлома в метастабильное состояние сопровождается снижением механических характеристик разлома перед динамическим событием.
[Кочарян, Кабыченко, 2003; Кочарян и др., 2004; Johnson, Jia, 2005; Hedayat et al., 2014]

Цель работы - исследование параметров сейсмического шума при переходе среды в метастабильное состояния для землетрясений Камчатки.

Постановка задачи



$$k = \frac{\partial \sigma}{\partial x'}$$

$$k = \frac{\partial \tau}{\partial u}$$

Колебания блока можно охарактеризовать собственной частотой колебаний:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{kLH}{\rho L^2 H}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\rho L}}$$

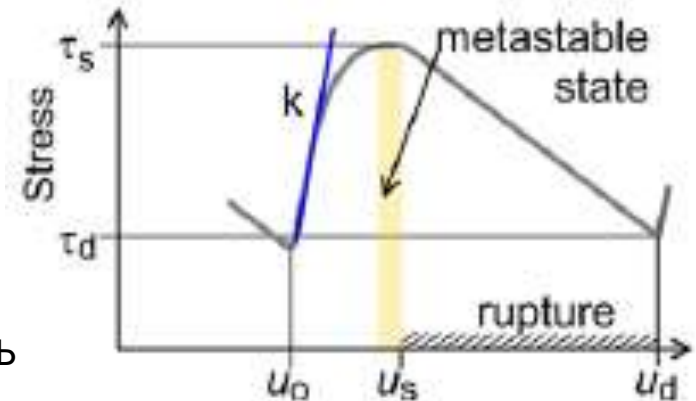
Учитывая экспериментальное соотношение между сдвиговой жесткостью k и длиной разлома L ($L > 500 \div 1000$ м),

$$k = 1.9 \cdot 10^9 L^{-0.32}$$

можно оценить характерные собственные частоты колебаний, которые могут быть использованы для диагностики разломной зоны:

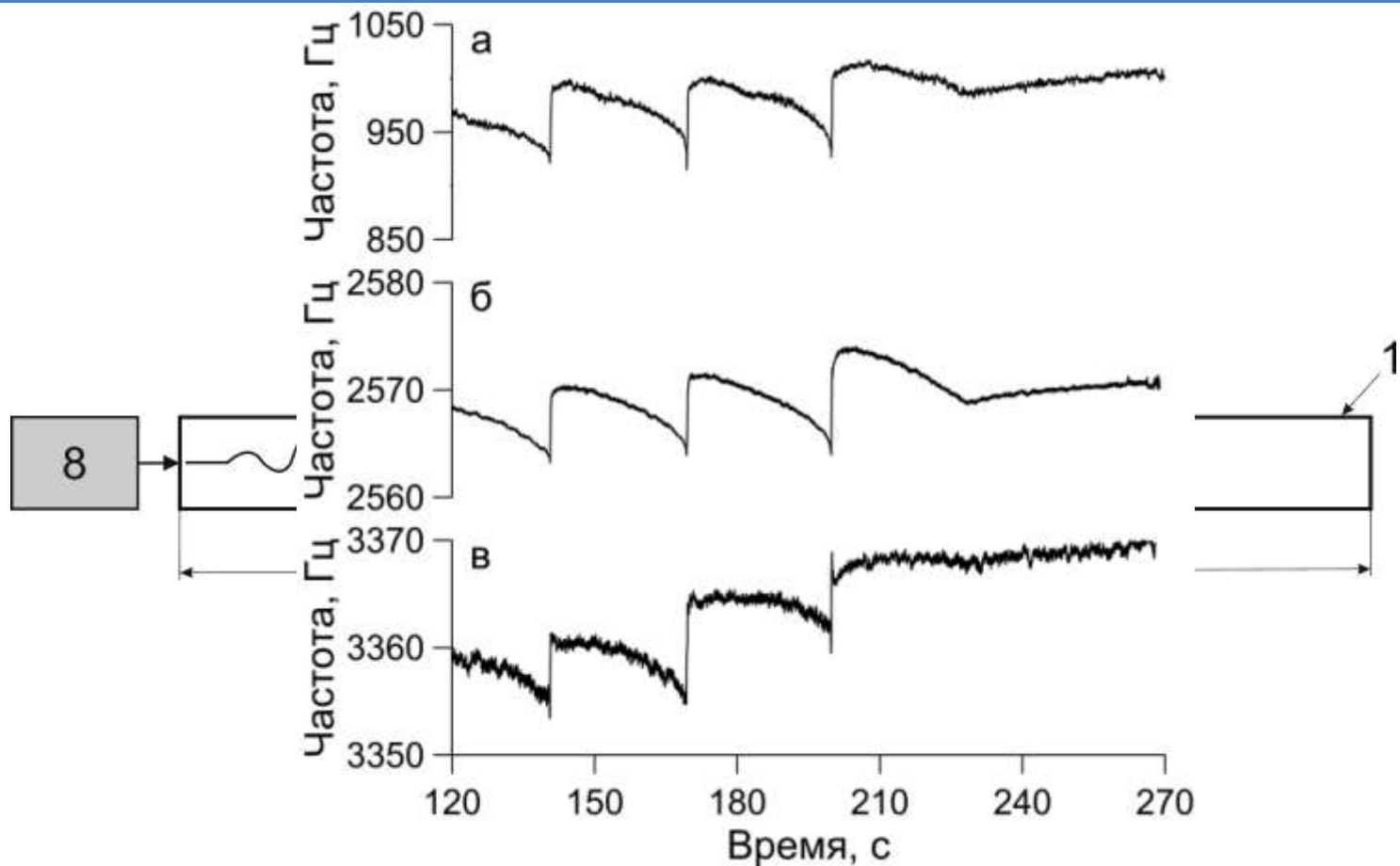
$$f_{c0} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1.9 \cdot 10^9 L^{-1.32}}{2700}}$$

[Кочарян, 2016]



[Kocharyan et al., 2018]

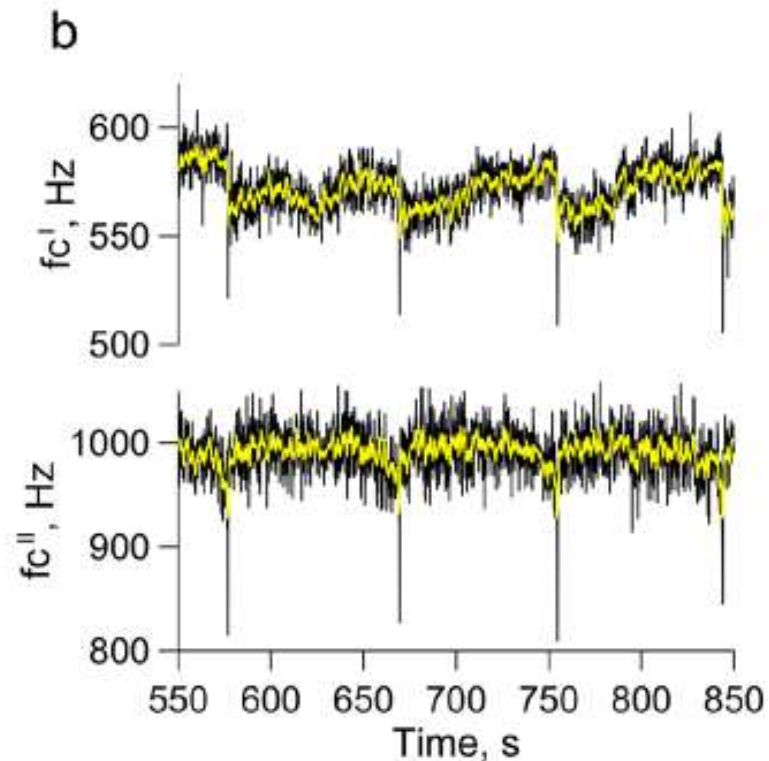
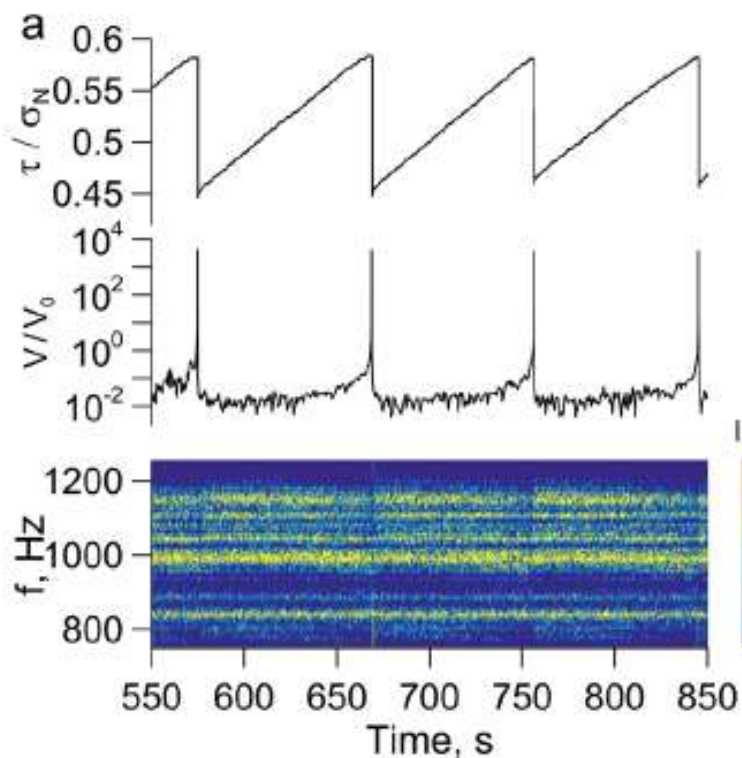
Лабораторное моделирование



Возбуждаемые в основании колебания не оказывали явного влияния на макроскопические параметры режима скольжения – рекуррентное время динамических событий и их амплитуду, прочностные характеристики контакта и т.д.

[Кочарян и др., 2018]

Лабораторное моделирование



SCIENTIFIC REPORTS

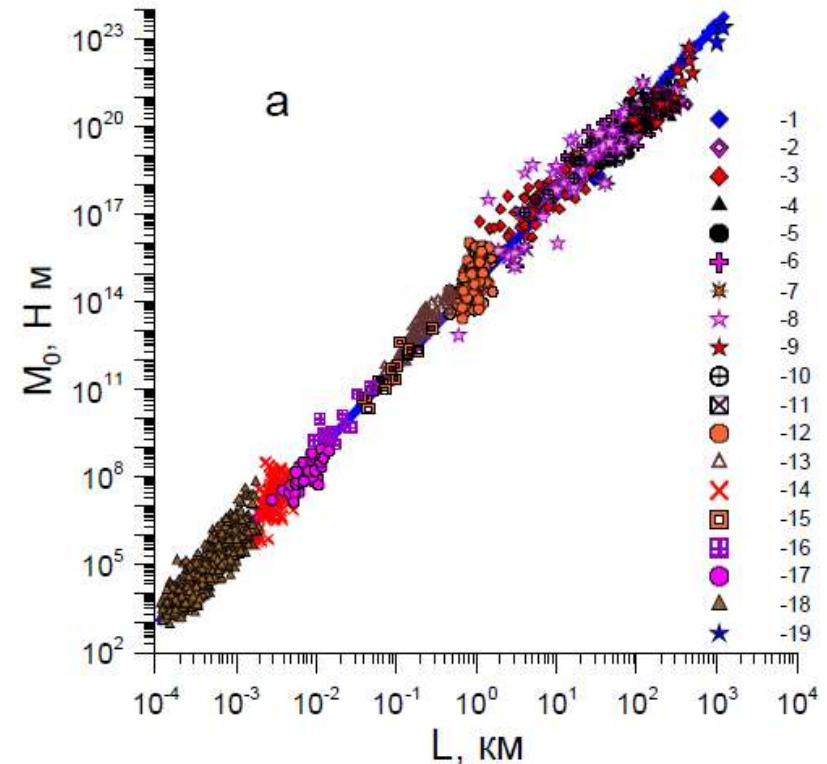
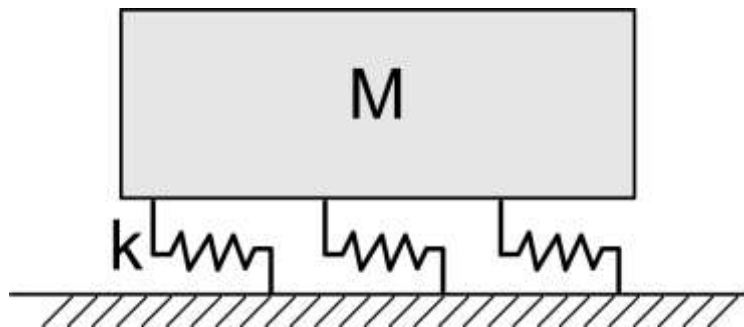
OPEN

Traces Of Laboratory Earthquake Nucleation In The Spectrum Of Ambient Noise

Gevorg G. Kocharyan^{1,2}, Alexey A. Ostapchuk^{1,2} & Dmitry V. Pavlov¹

Received: 8 January 2018

Переход к натурным наблюдениям

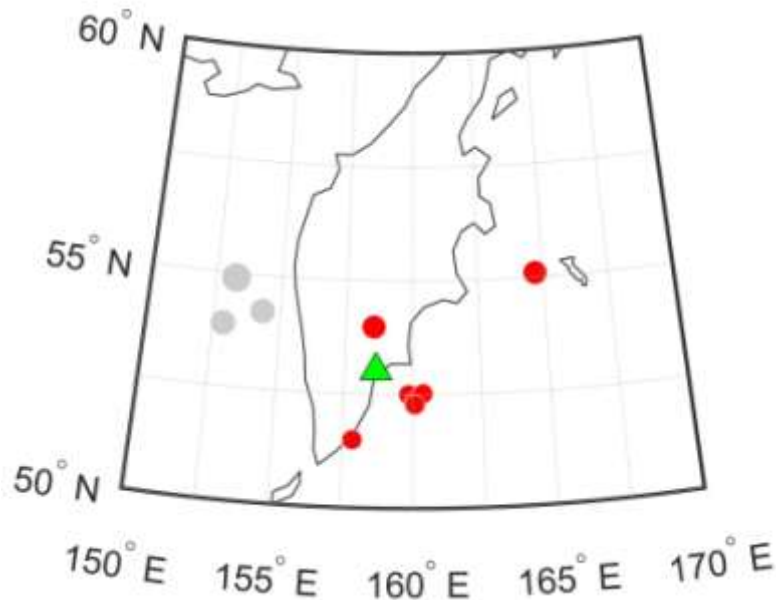


[Кочарян, 2014]

M_W	Fault size L (km)	Natural frequency f (Hz)	Epicentral distance R (km)
$8 < M_W$	100-300	0.03-0.07	100-1800
$7 < M_W < 8$	70-100	0.06-0.09	70-600
$6 < M_W < 7$	10-30	0.15-0.30	10-180
$5 < M_W < 6$	1-10	0.30-1.40	1-60

$M_W = 2/3(\lg M_0 - 9.1)$
[Hanks, Kanamori, 1979]

Данные и метод



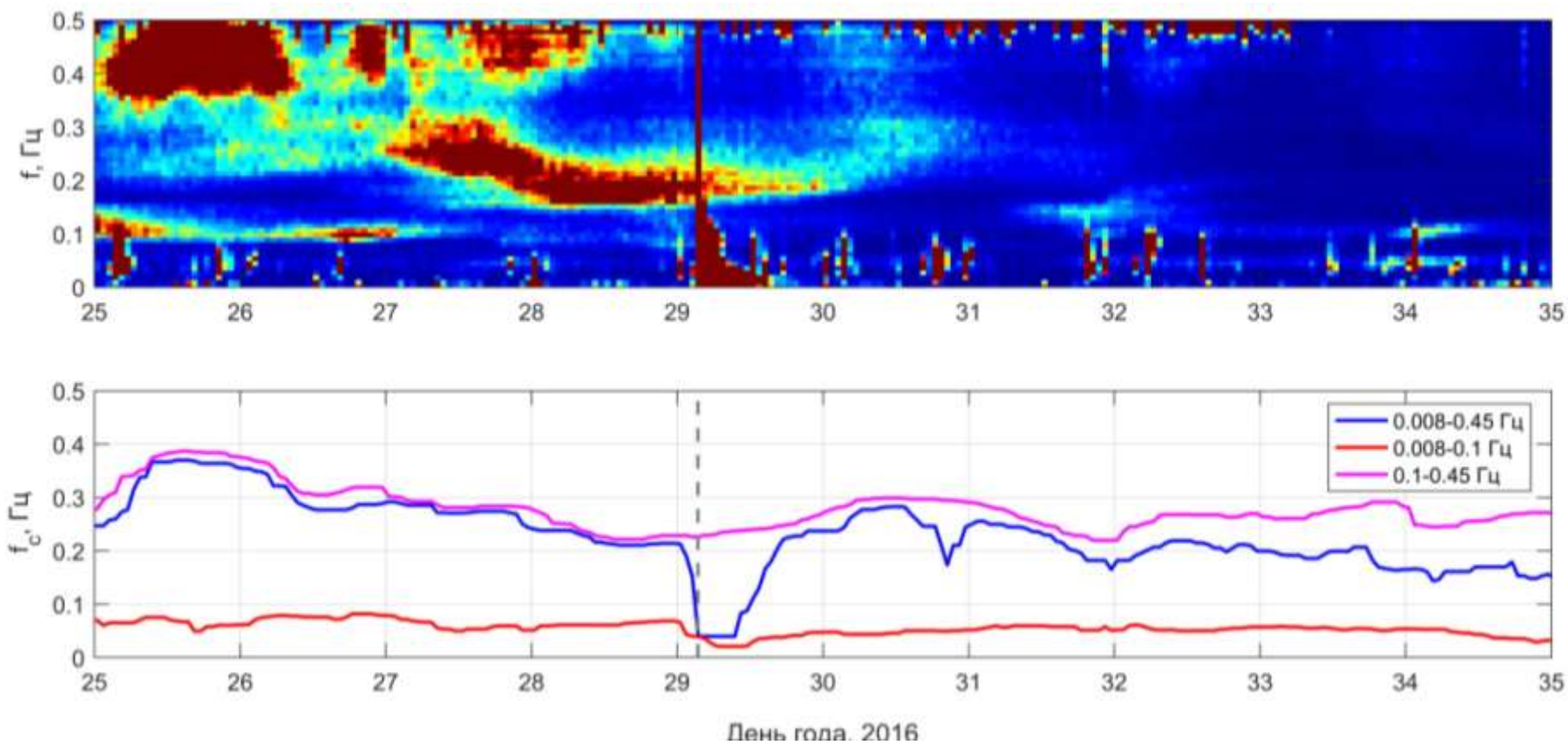
$$M_w \geq 6, R \leq 6 L, D \leq 200 \text{ км}$$

- $6 \leq M_w < 7, R \geq 200 \text{ км},$
- $7 \leq M_w < 8, R \geq 600 \text{ км},$
- $M_w \geq 8, R \geq 1800 \text{ км}$

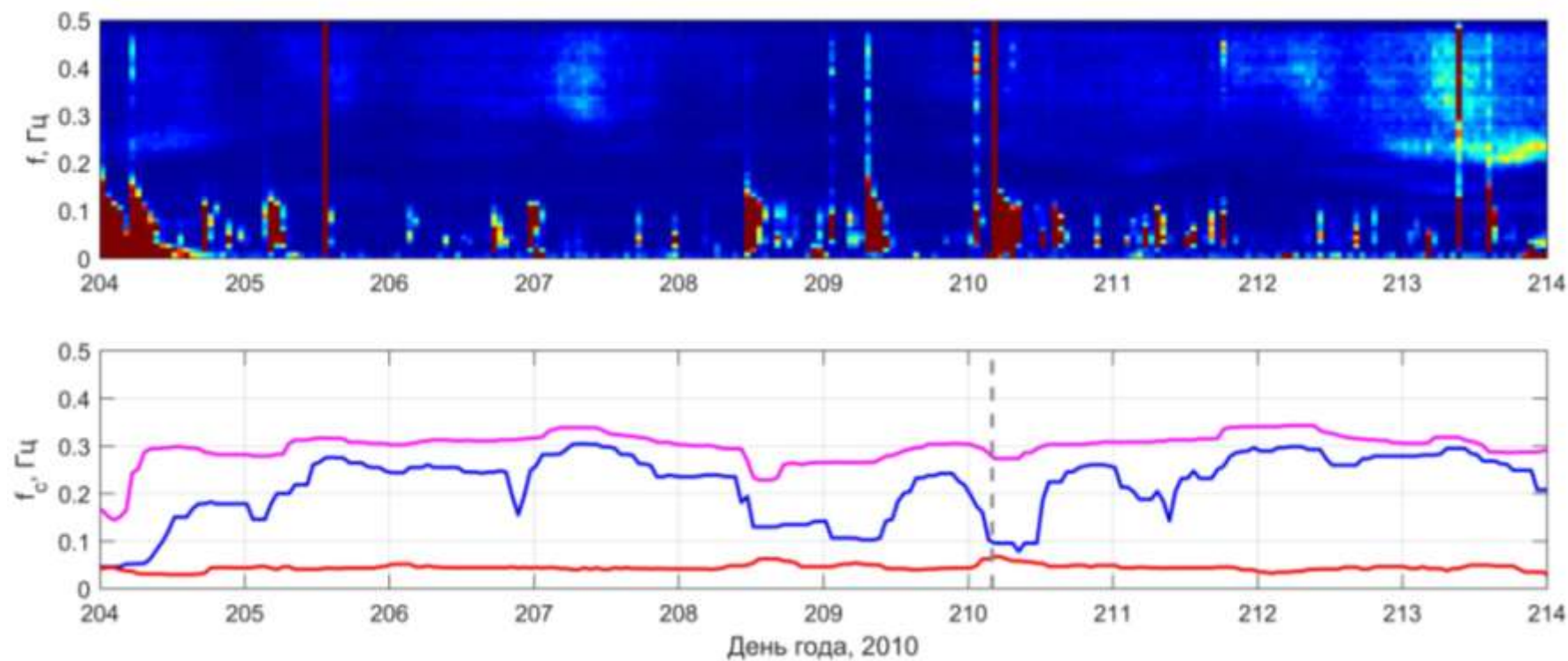
- ФВЧ годовых записей с частотой 10^{-4} Гц.
- Для каждого интервала длительностью 2 часа строился спектр мощности методом Вэльха с использованием спектрального окна Ханнинга с перекрытием 50%.
- Нормировка спектра мощности на минимальное значение по всей выборке частот.
- Расчет спектрального центроида нормированного спектра в диапазоне частот от 0.008 до 0.45 Гц.

$$f_{c0} = \frac{\sum_{f_{c1}}^{f_{c2}} f_i A_i}{\sum_{f_{c1}}^{f_{c2}} A_i}$$

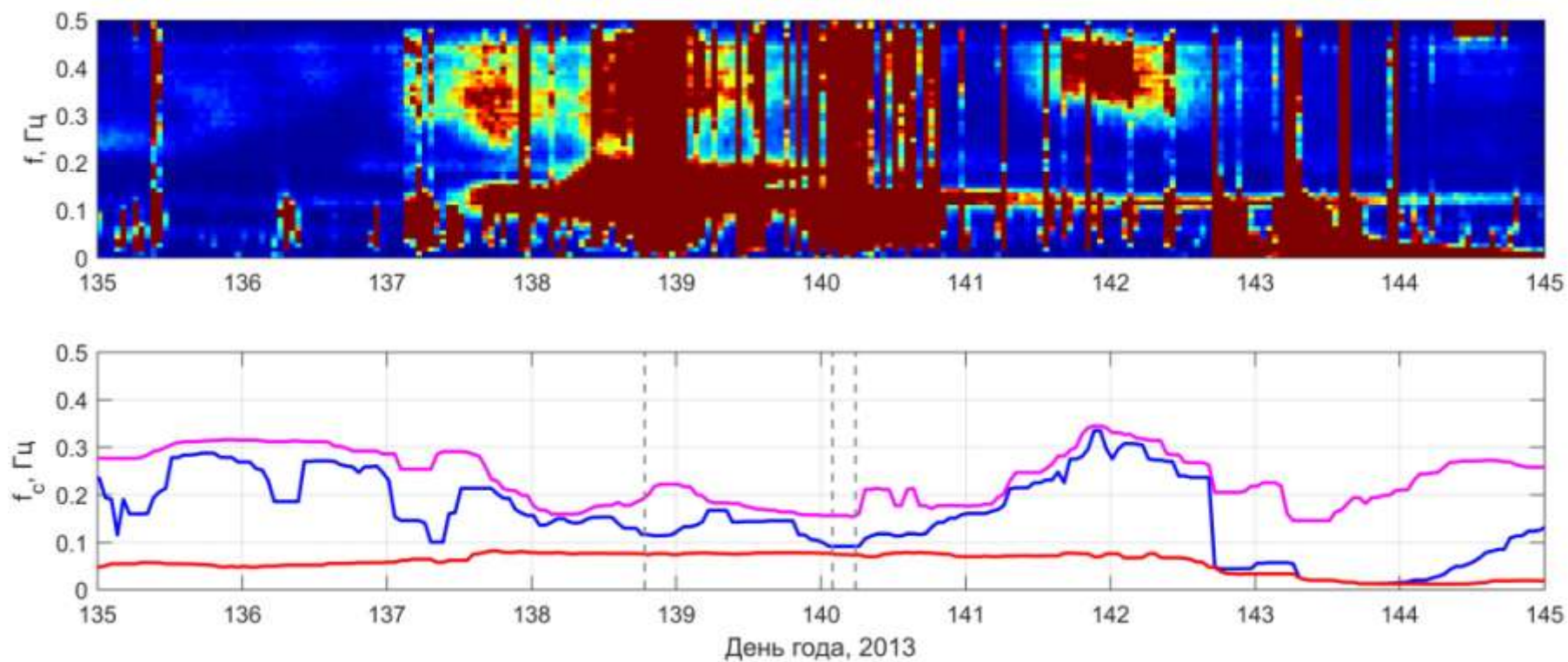
Землетрясение 30.01.2016 M_W 7.2



Землетрясение 30.07.2010 M_W 6.3



Землетрясение 19.05.2013 M_W 6.1

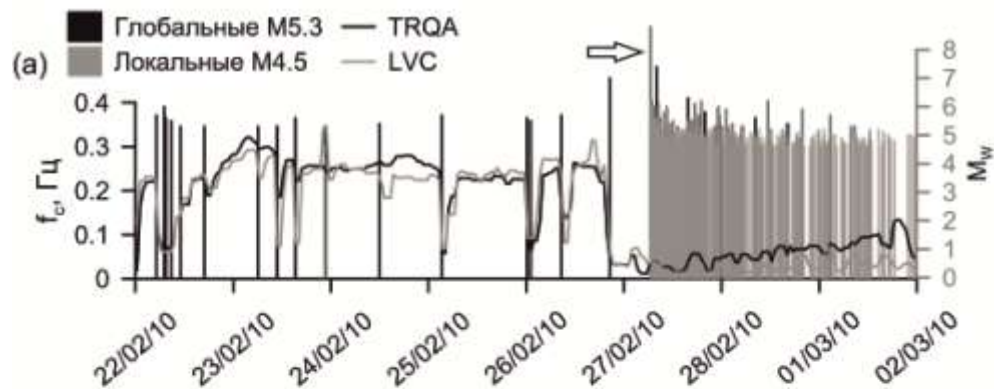


19.05.2013 M_W 6.1
21.05.2013 M_W 6.0
21.05.2013 M_W 6.1

Чили

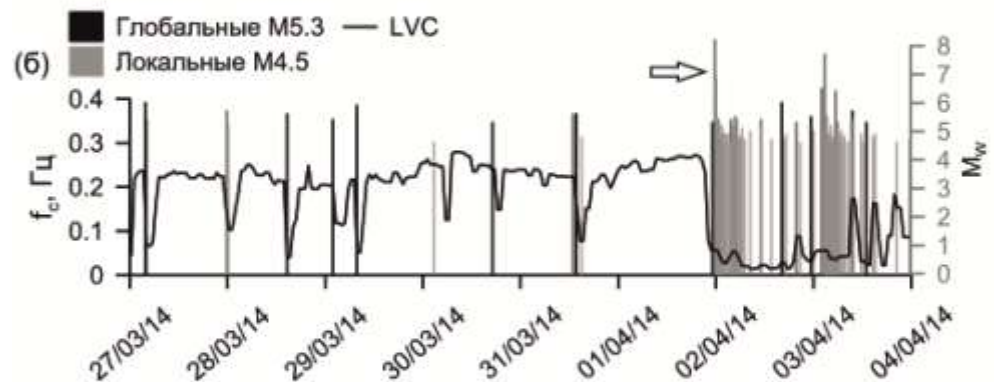
27.02.2010

M_W 8.8



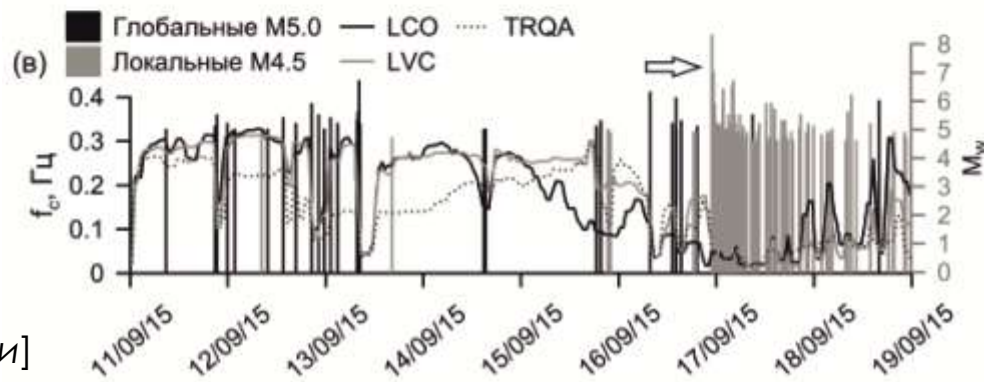
01.04.2014

M_W 8.2



16.09.2015

M_W 8.3



Результаты

- $M > 8$

Дата	M_w	D, км	R, км	Δf_{c0} , Гц	$f_{c0\min}$, Гц	Δt , ч
27.02.2010	8.8	23	993	0.21	0.01	12
			1546	0.23	0.03	12
			3167	0.16	0.04	12
01.04.2014	8.2	25	384	0.22	0.06	4.5
16.09.2015	8.3	22	300	0.26	0.02	50.3
			1030	0.12	0.06	2.2
			1141	-	-	-

- $7 < M < 8$

Дата	M_w	D, км	R, км	Δf_{c0} , Гц	$f_{c0\min}$, Гц	Δt , ч
30.01.2016	7.2	177	106	0.18	0.04	2
20.12.2018	7.3	17	458	-	-	-

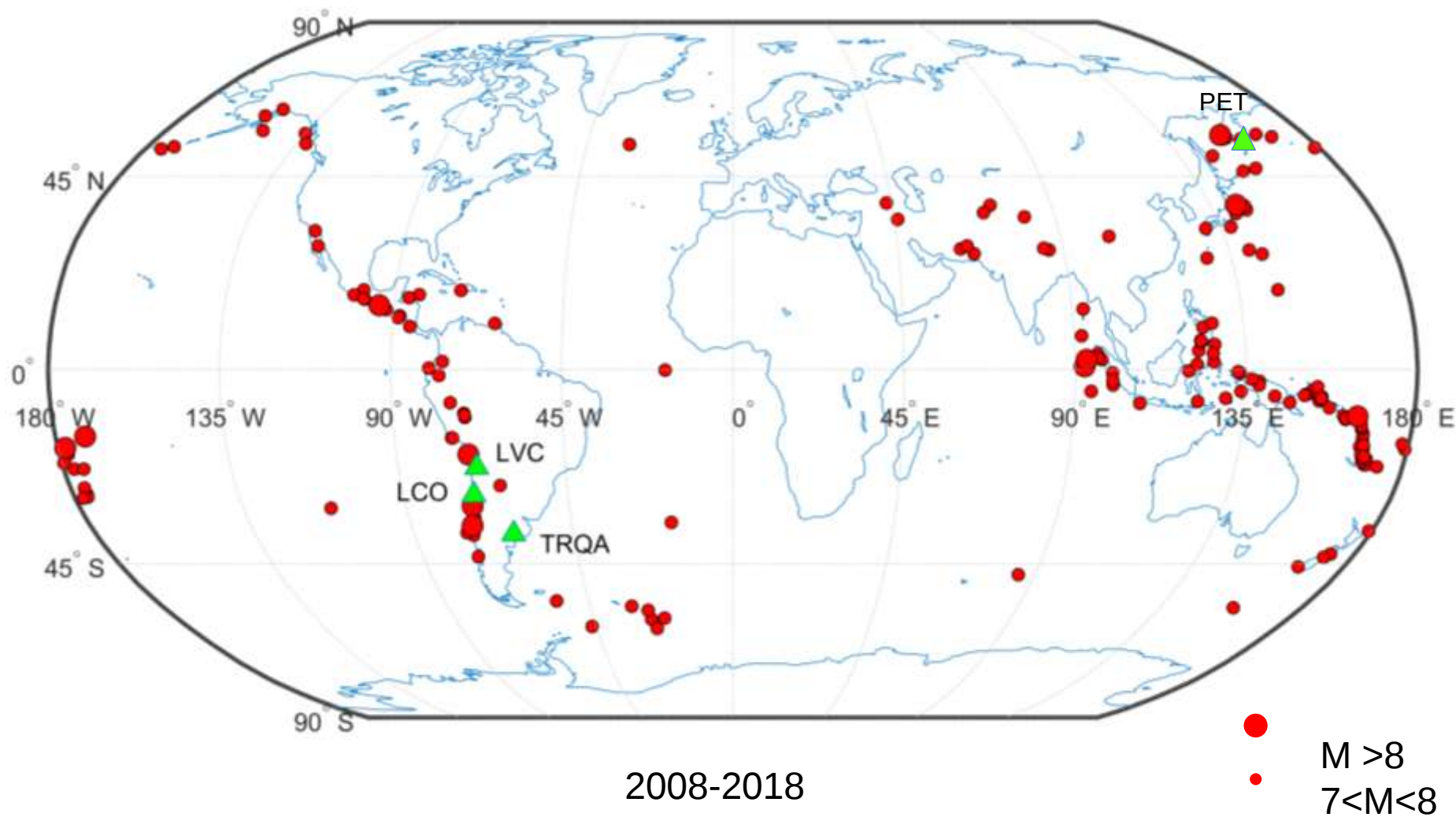
- $6 < M < 7$

Дата	M_w	D, км	R, км	Δf_{c0} , Гц	$f_{c0\min}$, Гц	Δt , ч
30.07.2010	6.3	23	100	0.18	0.04	4
19.05.2013	6.1	18	122	0.07	0.1	4
21.05.2013	6.0	30	128	0.02	0.08	2
21.05.2013	6.1	30	127	-	-	-
06.07.2018	6.1	45	178	0.2	0.07	2

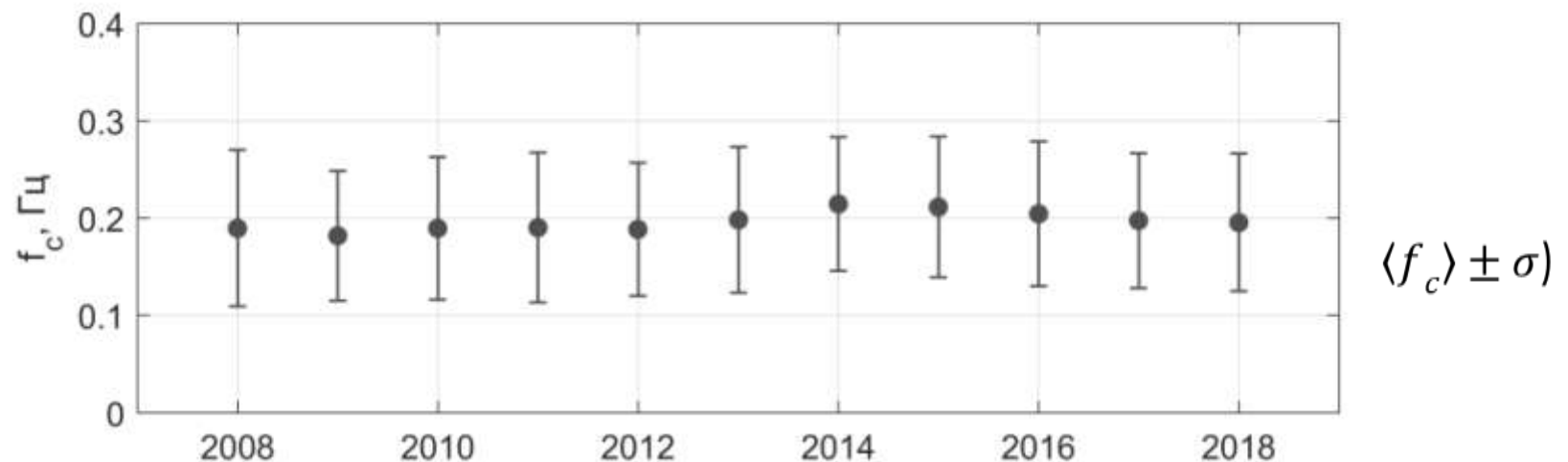
Резюме:

- Присутствует искомый эффект
- Случай наложения двух и более событий во времени
- Одинаковая ли картина для локальных и телесейсмических событий?

Район исследования



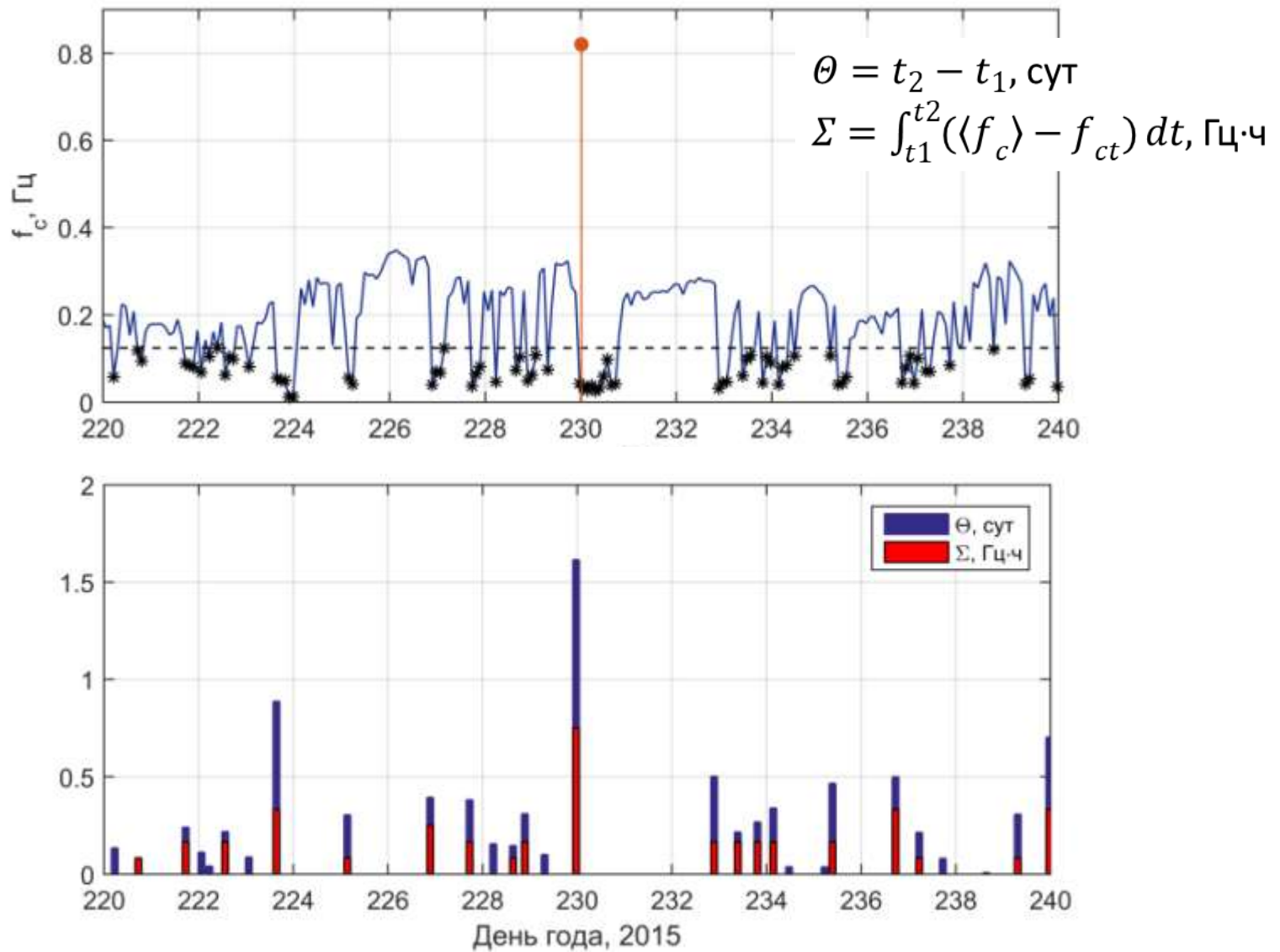
Оценка параметров шума



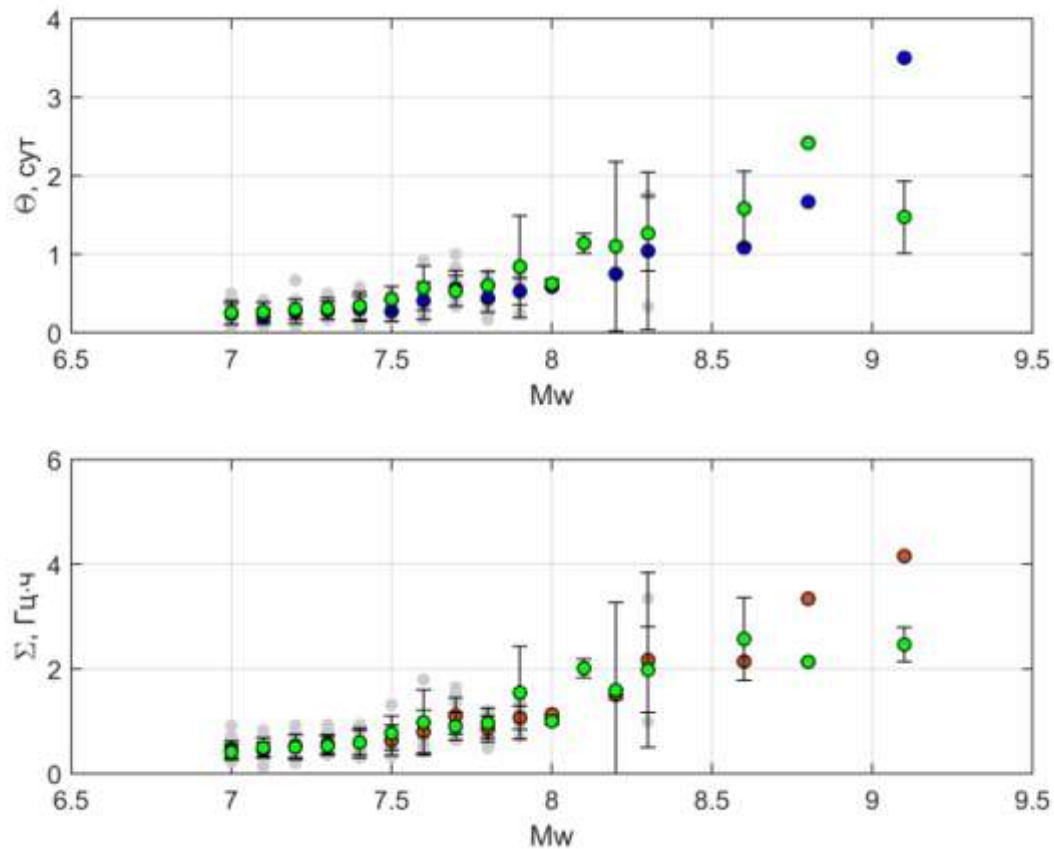
Спектральный центроид амплитудного спектра микросейсмического фона в диапазоне частот 0.008-0.45Гц.

$$f_{c0} = \frac{\sum_{f_{c1}}^{f_{c2}} f_i A_i}{\sum_{f_{c1}}^{f_{c2}} A_i}$$

Методика

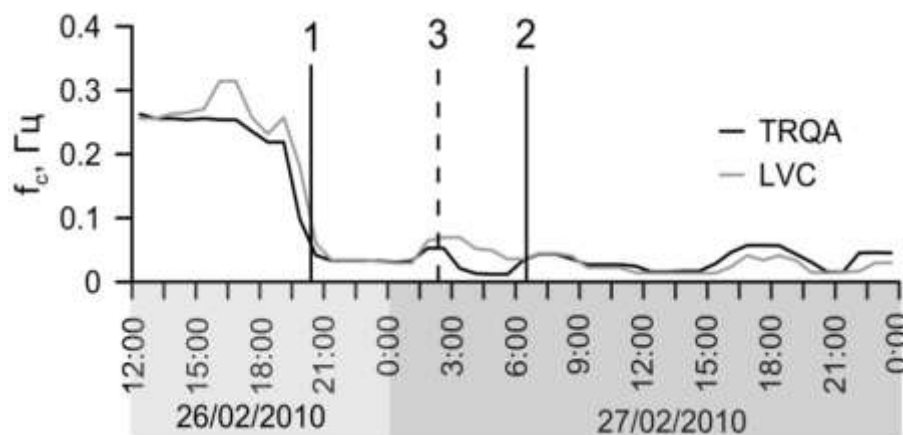
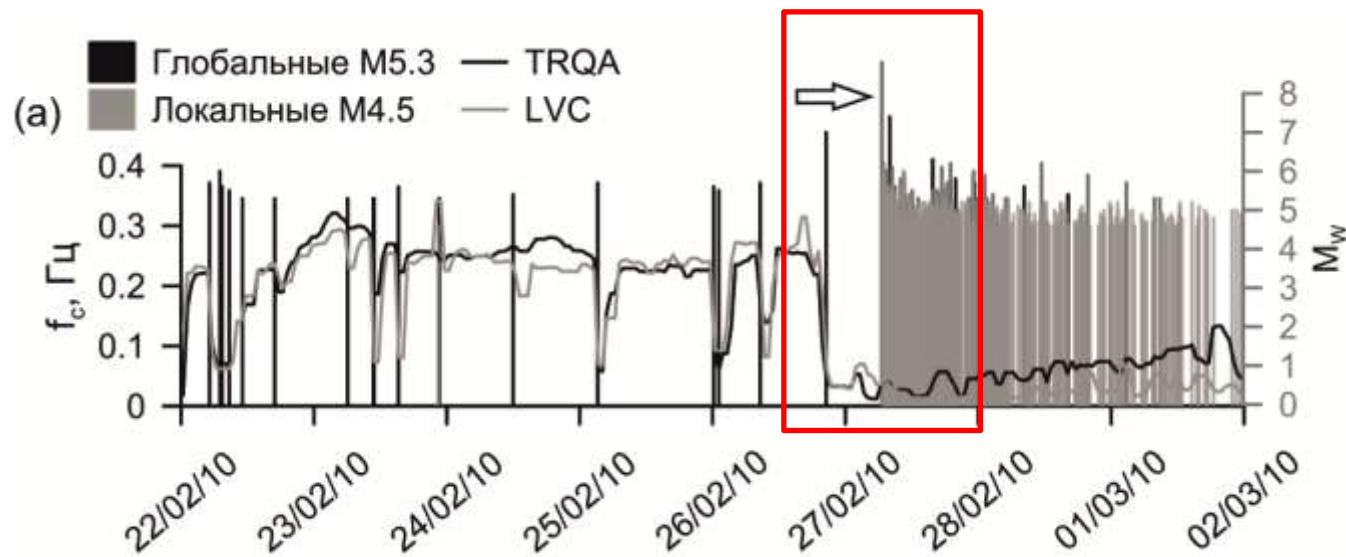


Оценка параметров шума



- высокие моды собственных колебаний Земли (например, основные моды тороидальных колебаний в диапазоне 3-20 мГц [Nishida, 2013])
- поверхностные волнами Лява в диапазоне 0.01-0.1 Гц [Nishida et al., 2008]

Землетрясение 27.02.2010 M_w 8.8



TRQA ($R = 993$ км)
LVC ($R = 1546$ км)

ВЫВОДЫ

- Проведено долговременное исследование параметров микросейсмического шума для Камчатки.
- Для некоторых землетрясений отмечено снижение спектрального центроида за 2-4 часа до основного события на 0.02-0.2 Гц.
- Исследование параметров шума после землетрясений показало, что наблюдается смещение спектрального центроида до 4.5 суток для землетрясений с магнитудой около 9.
- Полученные результаты для Камчатки, рассчитанные по данным станции РЕТ, качественно согласуются с результатами, полученными ранее для Чилийской зоны субдукции.

Спасибо за внимание!