



Вариации заряженной и нейтральной компонент космических лучей в сейсмической зоне CASLEO



*Орлов А.А.^{1,2}(orlov.aa@phystech.edu), Махмудов В.С.¹, Филиппов М.В.¹, Стожков Е.
Жан-Пьер Ролан³*

¹Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, г.Москва

²Московский физико-технический институт (НИУ), г. Долгопрудный

³ Университет Маккензи /CRAAM, Бразилия, г. Сан-Пауло

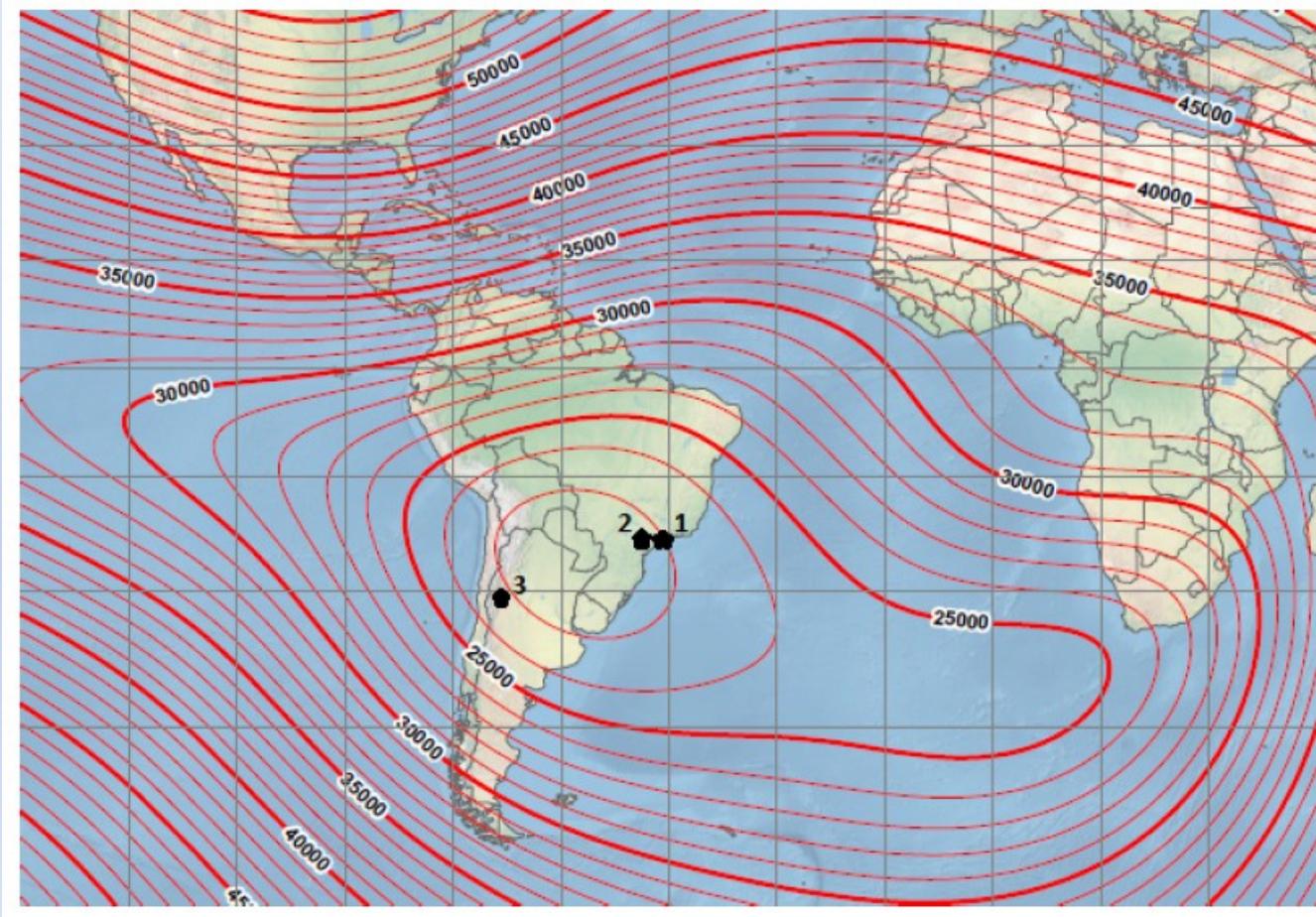
36-я ВККЛ, Москва, 28 сентября - 2 октября 2020 г.

Введение

Цель работы: исследование вариаций нейтральной и заряженной компонент космических лучей в приземной атмосфере в районе астрономической обсерватории CASLEO (Мендоза, Аргентина) во время землетрясений.

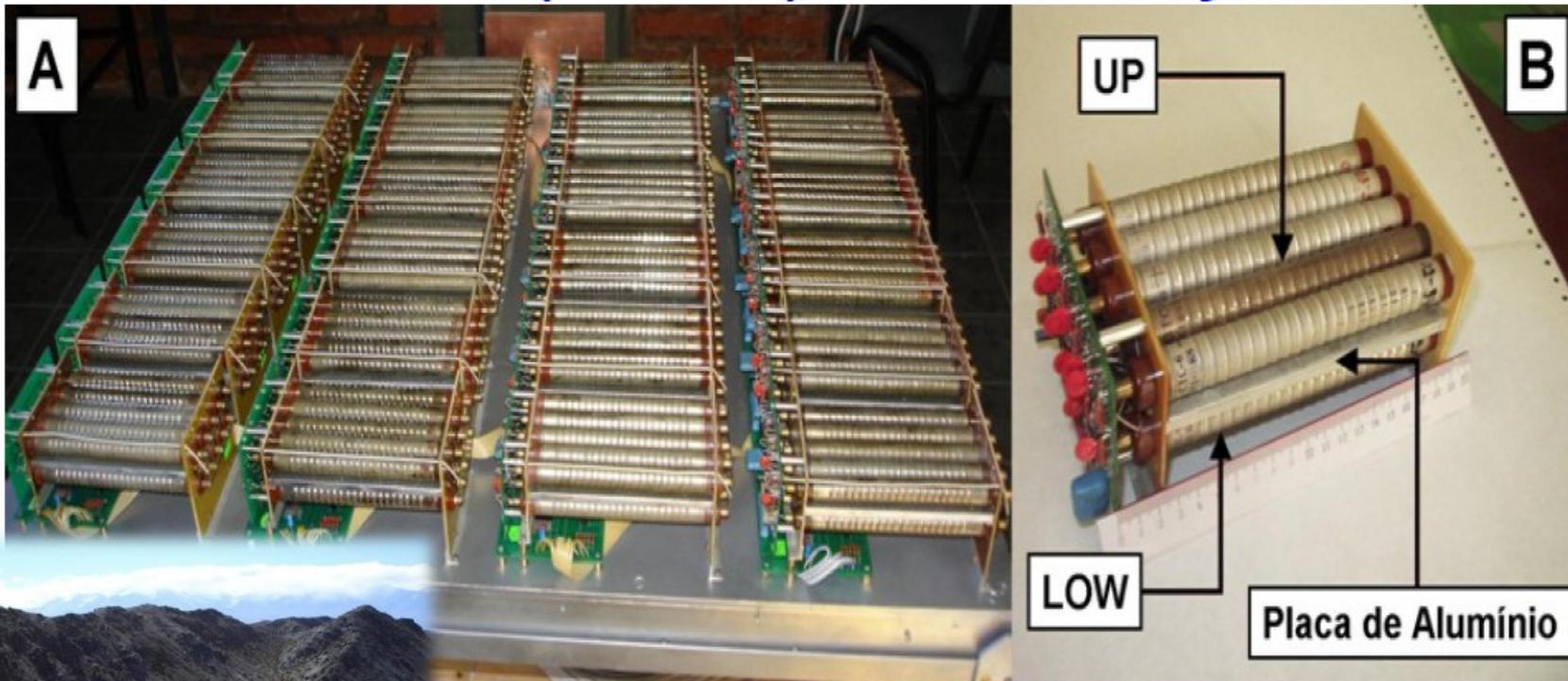
- Обсерватория находится в сейсмической зоне: за временной период с июня 2015г. по март 2020 г. зарегистрировано *251 событие* магнитудой от 2.5 до 8.3.
- В работе исследована серия землетрясений (магнитудой от 3.6 до 6.4), произошедших на удалении 100 - 160 км от CASLEO.
- Для каждого события проанализированы экспериментальные данные, полученные на наземном комплексе, разработанном в ФИАН (*Долгопрудненская научная станция ФИАН*) и установленном в обсерватории CASLEO в 2015 г.

- **Наземный приборный комплекс в CASLEO**
(Аргентина, 31S, 69W, $R_c = 9.8$ GV, 2660 m)
 - КОБЕР (CARPET)
 - нейтронный детектор (ND) – 3 модуля
 - гамма – спектрометр (Gamma) - 4 модуля
 - Монитор электрического поля (EFM-100, Voltek, USA)
- **Вариации космических лучей и электрического поля в приземной атмосфере**
 - рассмотрены измерения в 2015-2020 гг.



Расположение обсерватории КАСЛЕО (CASLEO; точка 3) в геомагнитном поле.

The CARPET (KOVER) Cosmic Ray detector



120+120 counters +Al absorber; 500 ms time resolution

UP, LOW channels: $e > 0,2 \text{ MeV}$, $p > 5 \text{ MeV}$, $\gamma > 0,02 \text{ MeV}$

TEL: $e > 5 \text{ MeV}$, $p > 30 \text{ MeV}$, $\mu\text{ons} > 15 \text{ MeV}$

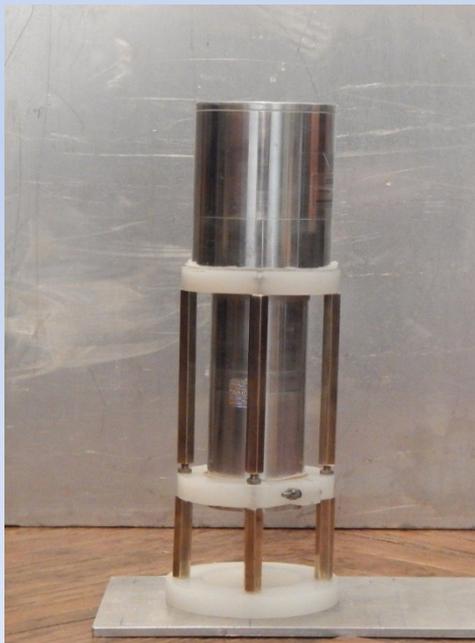
Нейтронный детектор (ND)



- 3 блока по 9 счетчиков СММ-18
- $dt = 1 \text{ мс}$
- РАМЕЛА

Гамма – спектрометр (Gamma)

- Цилиндрический кристалл NaI(Tl) с размерами $\text{Ø}76 \times 76$ мм.
 - фотоумножитель Hamamatsu R1307.
- Модуль закреплён на дюралевой пластине $220 \times 220 \times 5$ мм³, цилиндрический пласт. кожух $\Phi = 112$ мм и $h = 400$ мм.



Экспериментальный наземный комплекс регистрации данных

EFM-100



Нейтронный детектор (ND)



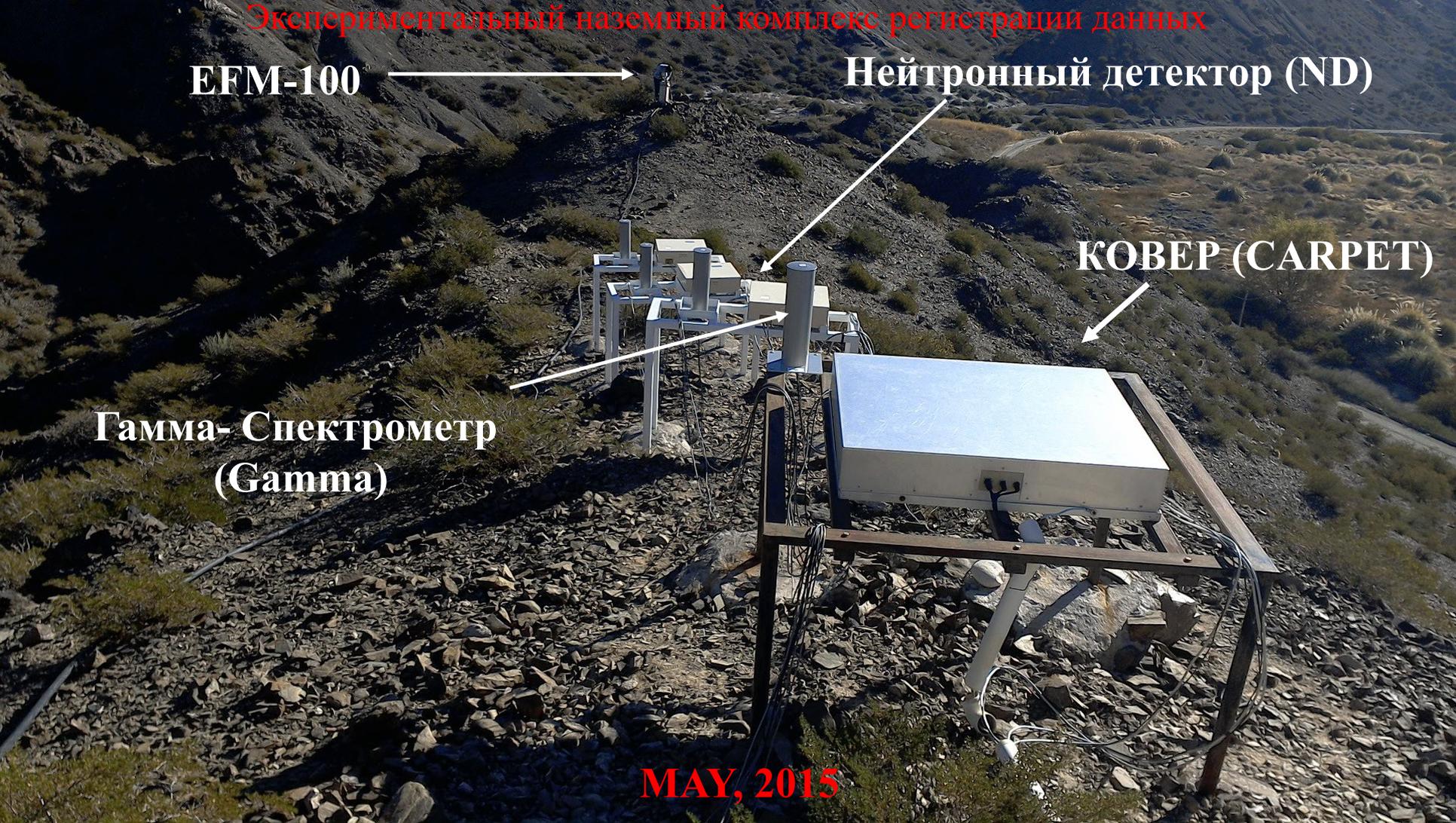
КОБЕР (CARPET)



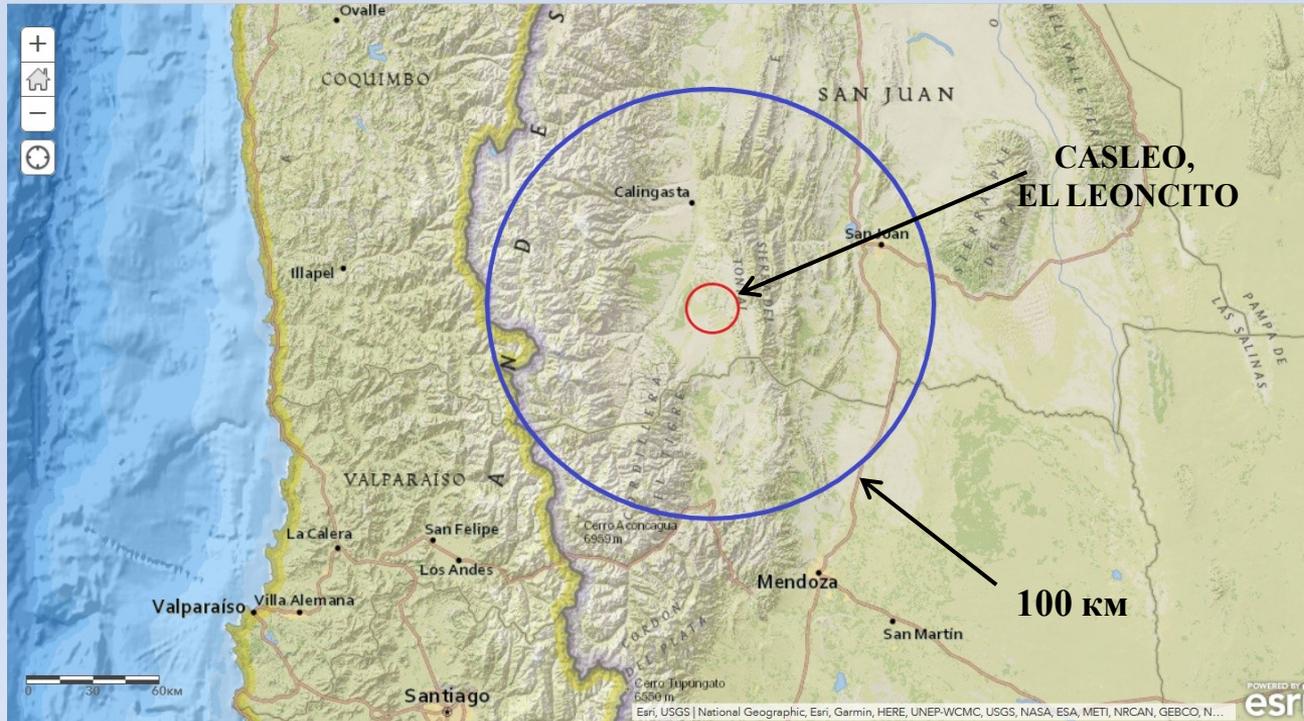
Гамма-Спектрометр
(Gamma)



MAY, 2015



Расположение CASLEO



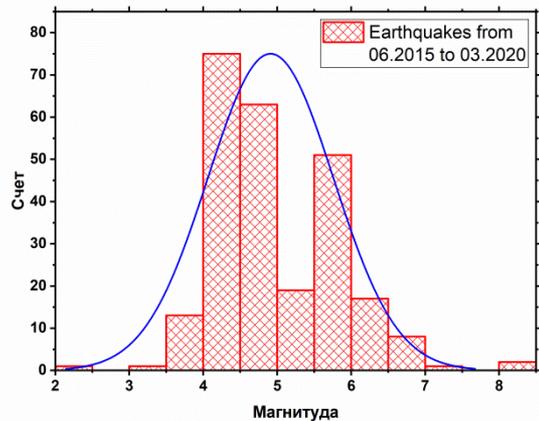
- Обсерватория CASLEO расположена в сейсмической зоне в национальном парке *El Leoncito* (выделен красным кругом) Мендоза, Аргентина .

- В работе анализировались события землетрясений в пределах 100 км от обсерватории CASLEO (область ограничена синим кругом).

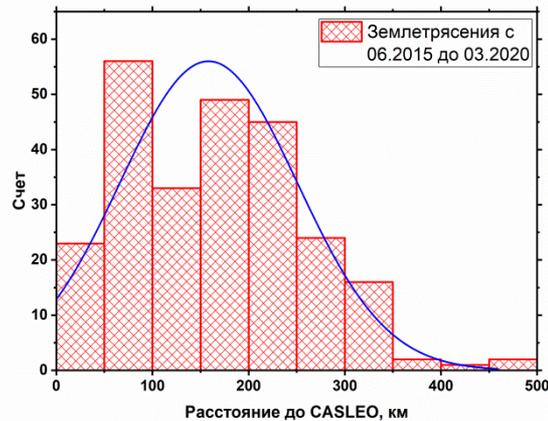
Распределения событий с 2015/06 по 2020/03 по магнитуде, амплитуде и глубине гипоцентра

База данных по землетрясениям была составлена с использованием интернет ресурса: <https://earthquaketrack.com/p/argentina/mendoza/recent>.

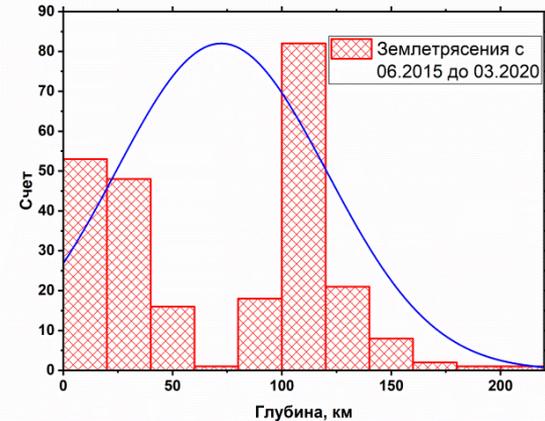
На графиках ниже представлены распределения событий в период с 06.2015 по 03.2020.



Распределение событий по *магнитуде*



Распределение событий по *расстоянию* до CASLEO



Распределение событий по *глубине*

Обработка зарегистрированных экспериментальных данных

Далее на слайдах приведены данные детектора заряженных частиц CARPET (CRPT), нейтронного детектора (ND), датчика электрического поля (EFM), гамма спектрометра (Gamma) в течение ± 5 дней от времени выбранных 6 событий землетрясений.

Формат времени выбранных событий представлен в заголовке слайда в следующем виде (не учитываются события, находящиеся на расстоянии более 100 км от CASLEO, но нанесены на графиках):

год(*YYYY*)/месяц(*MM*)/день(*DD*) час (*HH*)/минута(*MT*) магнитуда(*MG*) расстояние(*DT*)
глубина(*DP*) или *YYYY/MM/DD HH:MT MG DT DP*.

События землетрясений на графике выделены вертикальной пунктирной линией.

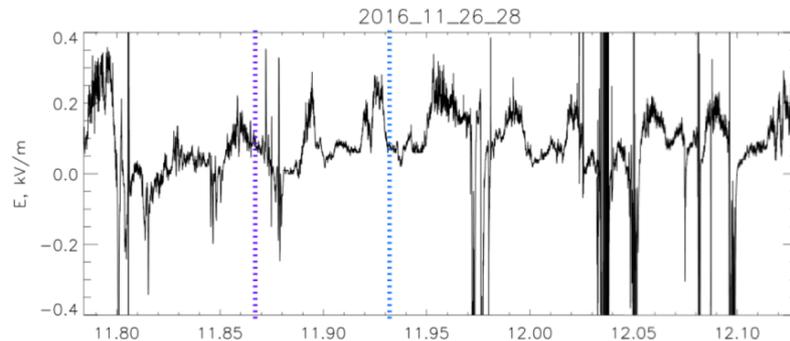
2016/11/26 20:58 4.6 60 105 // // // // // 2016/11/28 21:41 3.8 65 107

Данные представлены в долях месяца:

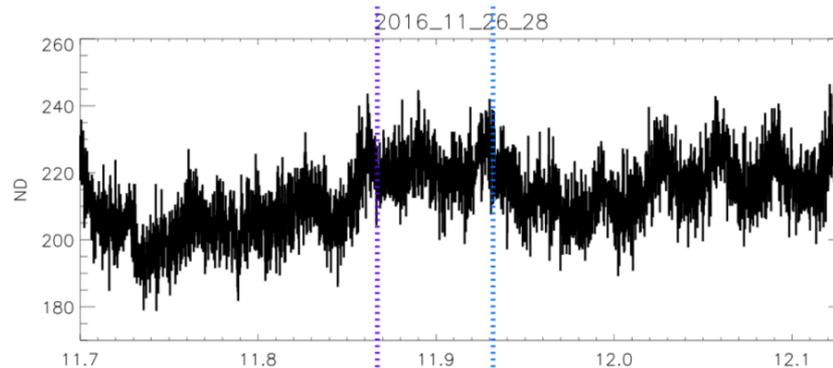
Gamma:



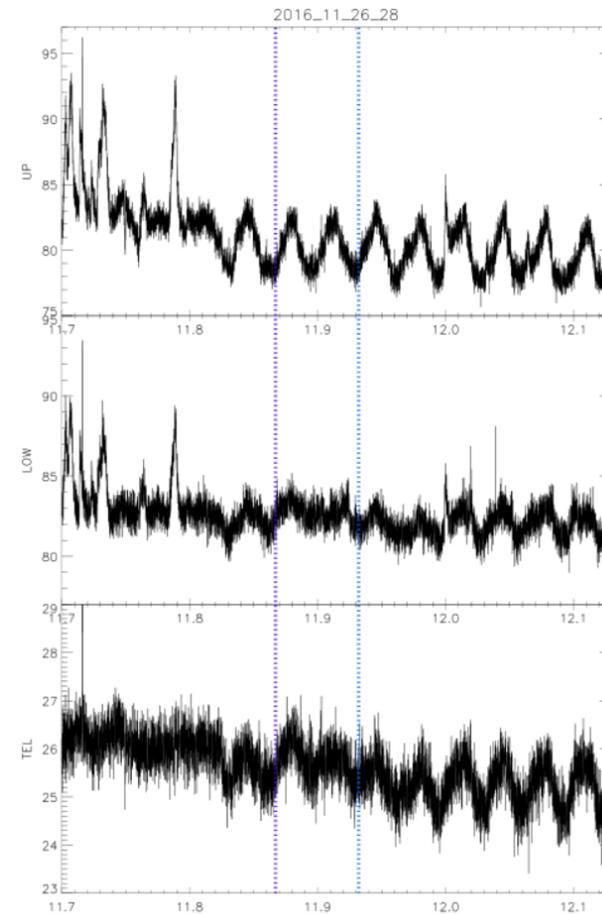
EFM:



ND:



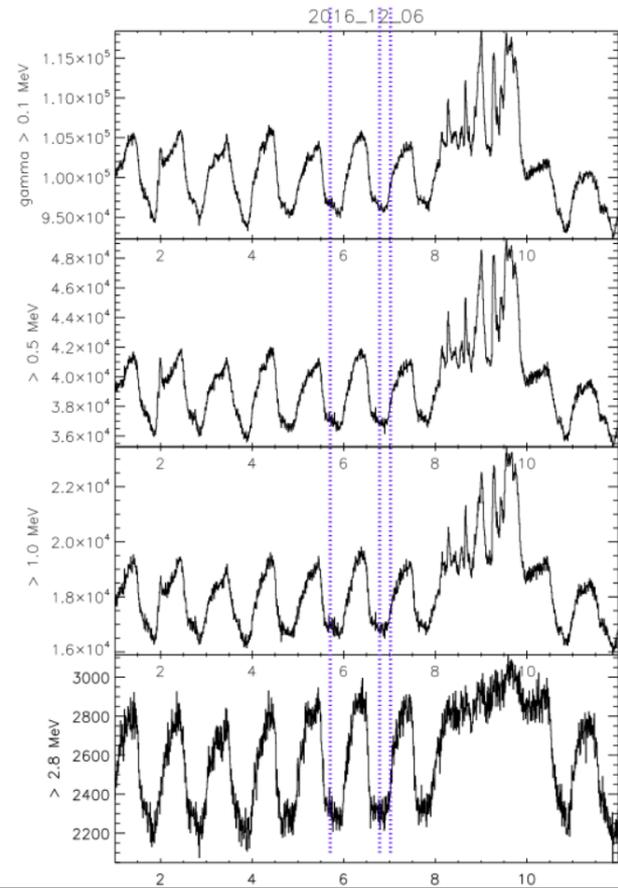
CRPT:



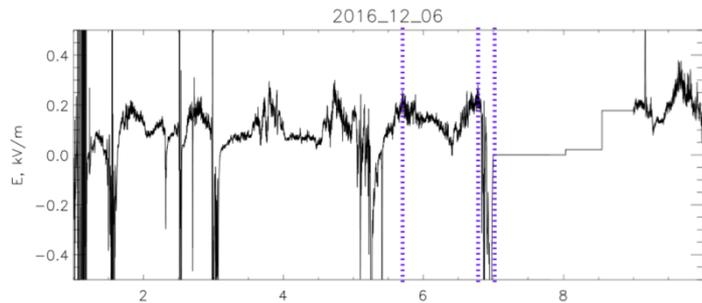
2016/12/06 18:52 4.5 40 120

Данные представлены по дням:

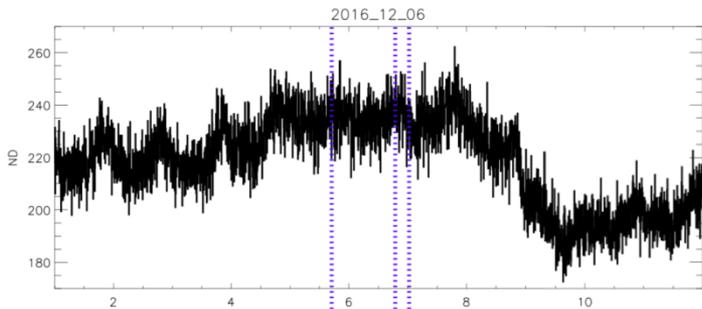
Gamma:



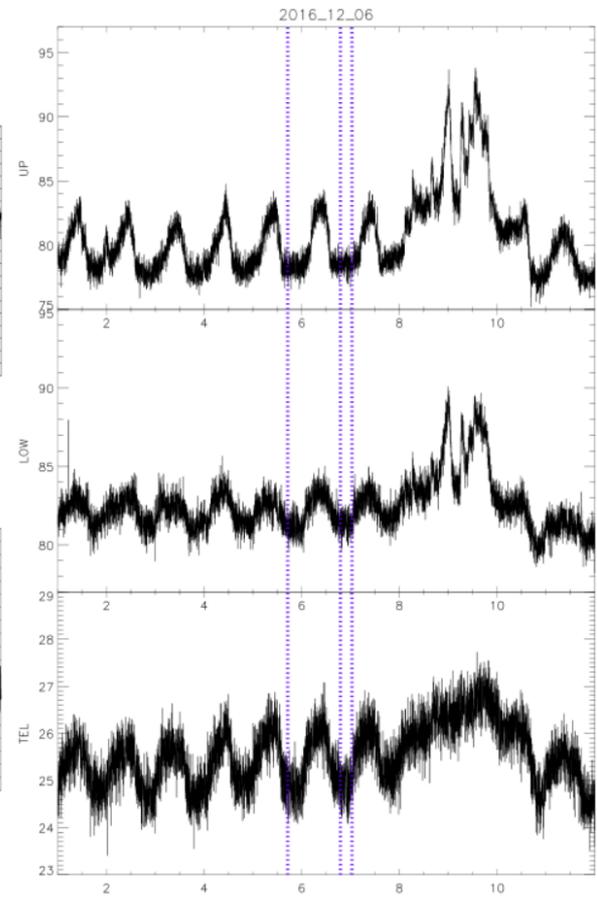
EFM:



ND:



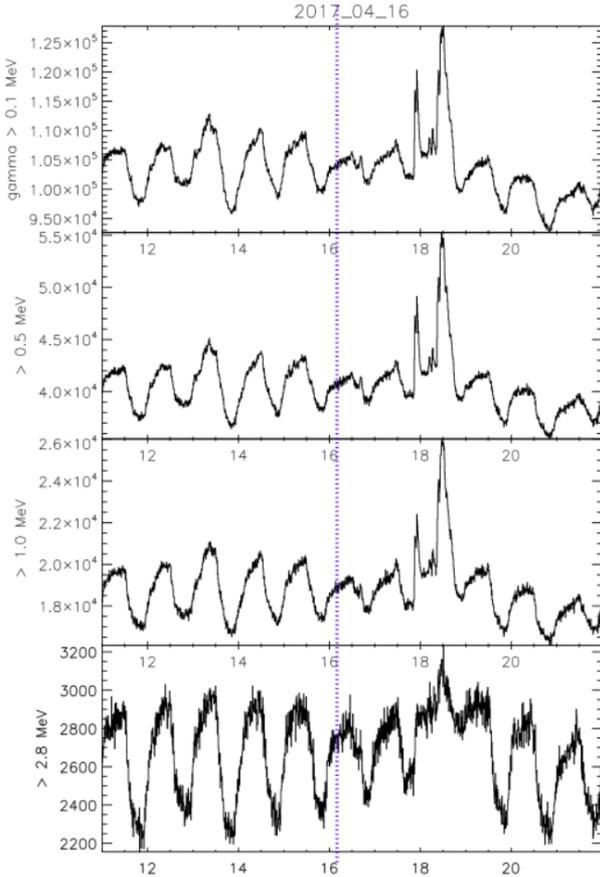
CRPT:



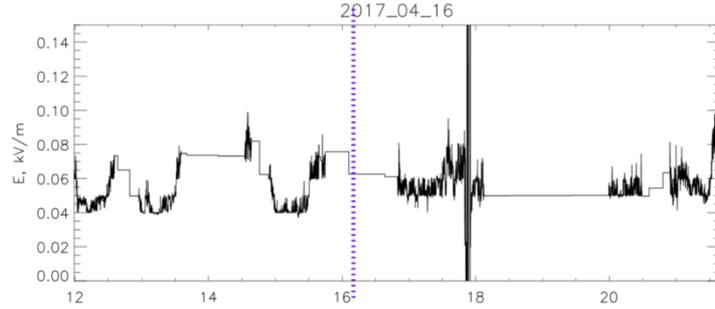
2017/04/16 04:03 4.5 55 111

Данные представлены по дням:

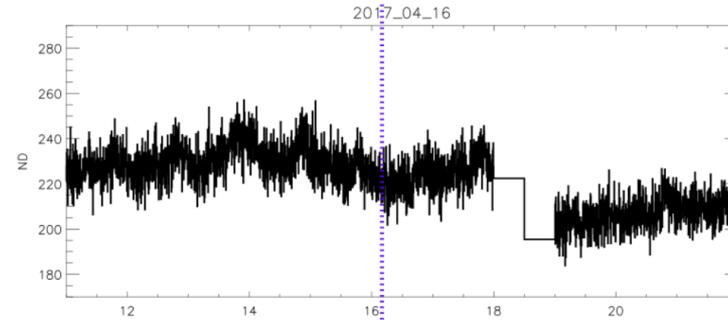
Gamma:



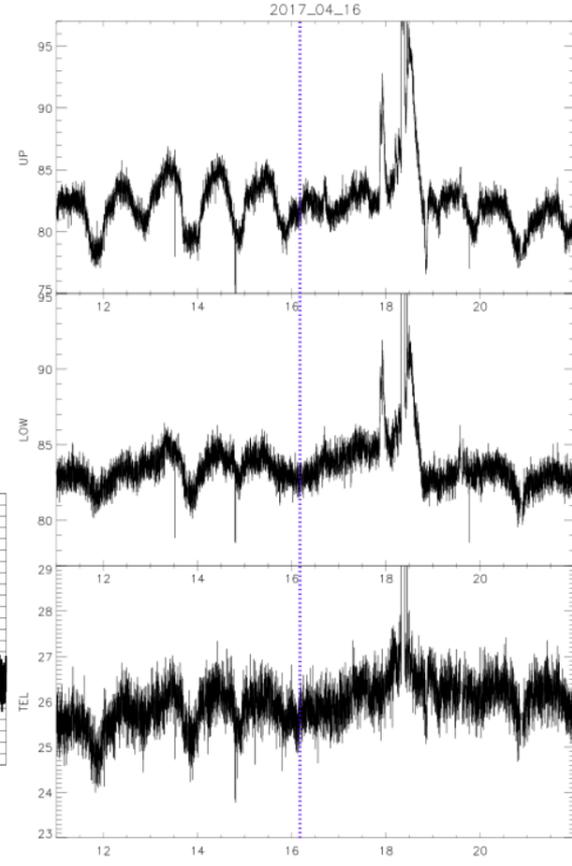
EFM:



ND:



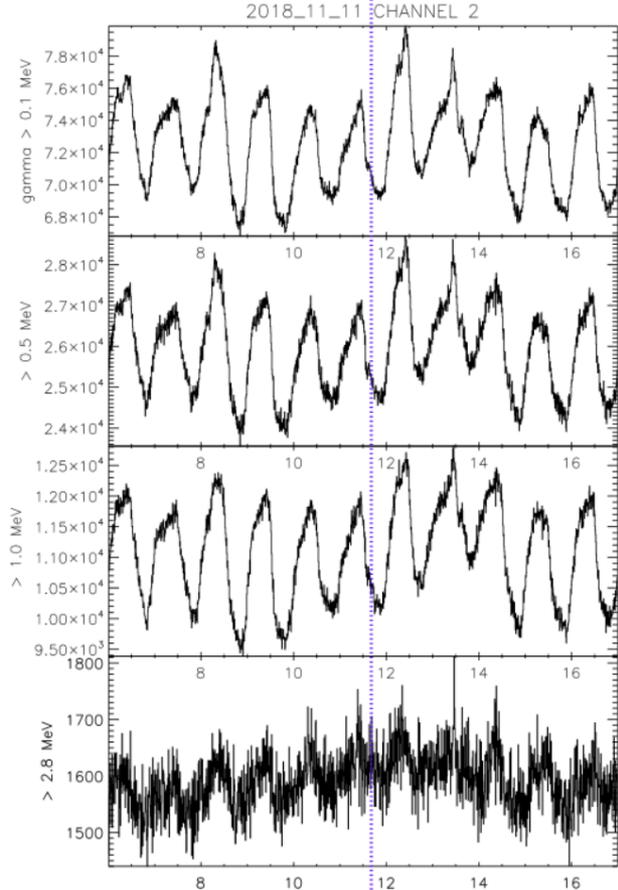
CRPT:



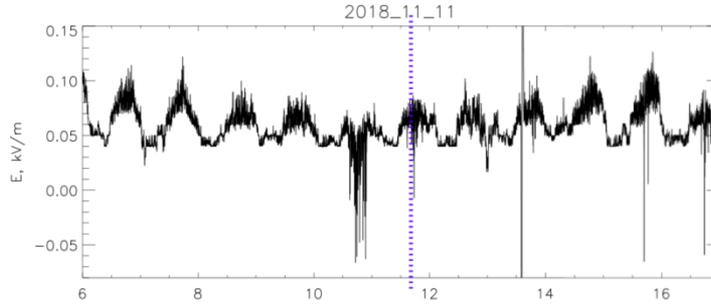
2018/11/11 16:16 4.4 80 111

Данные представлены по дням:

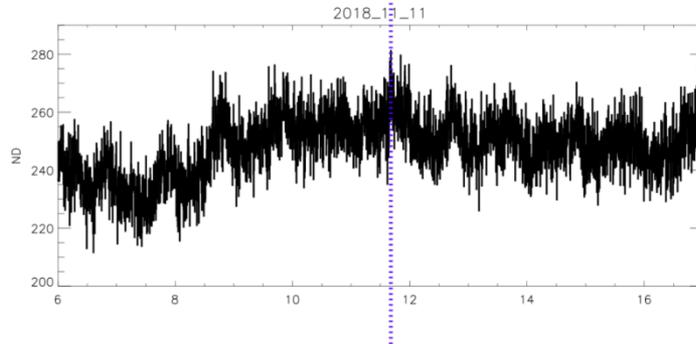
Gamma:



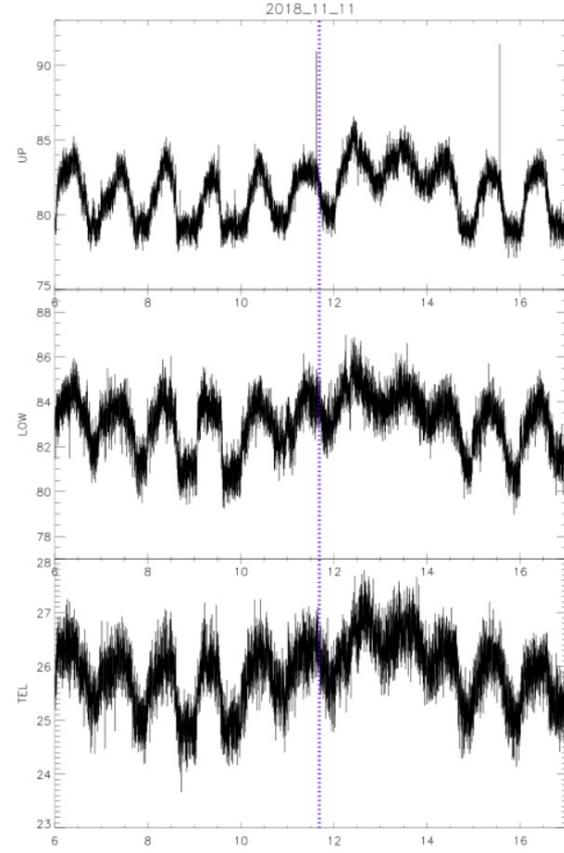
EFM:



ND:



CRPT:



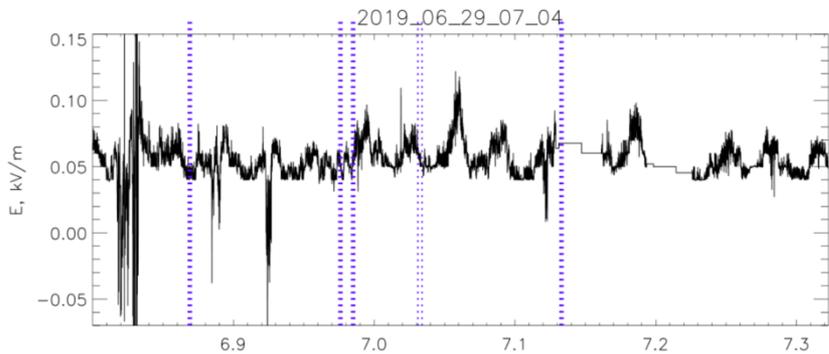
2019/06/29 06:30 4.4 15 118 // 2019/07/04 00:01 4.4 15 117

Данные представлены в долях месяца:

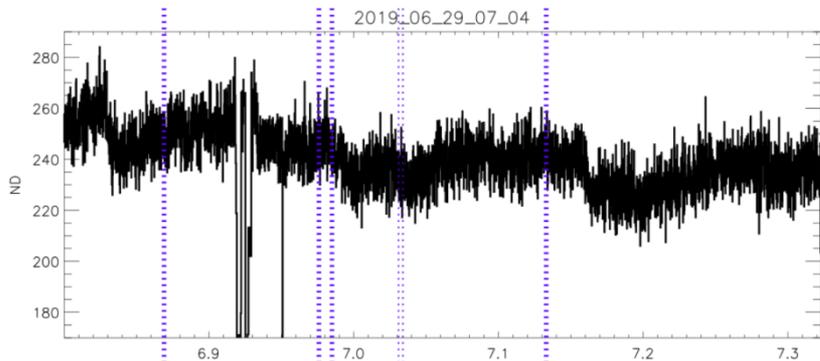
Gamma:



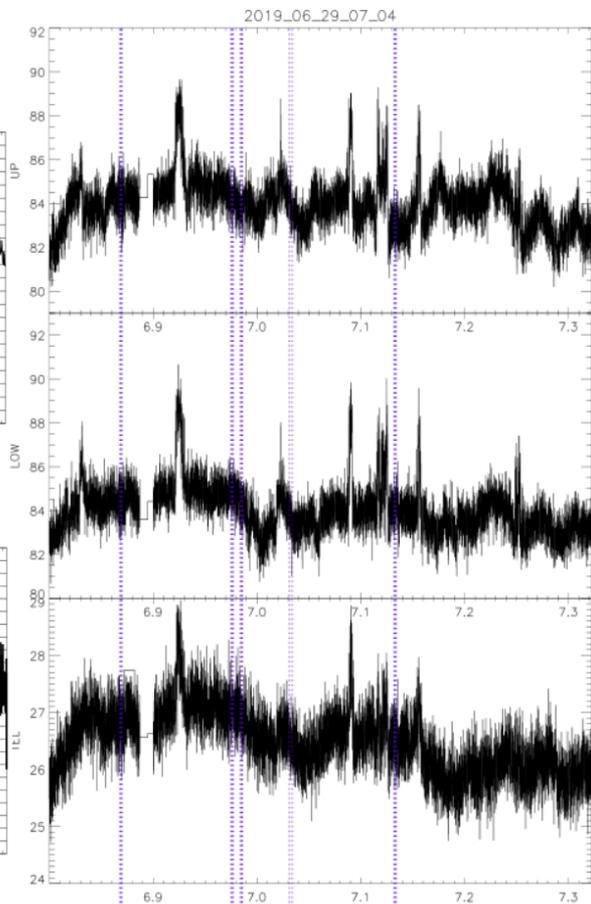
EFM:



ND:



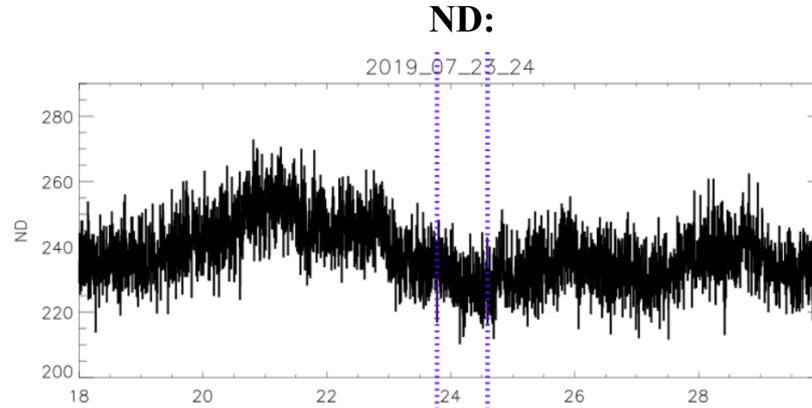
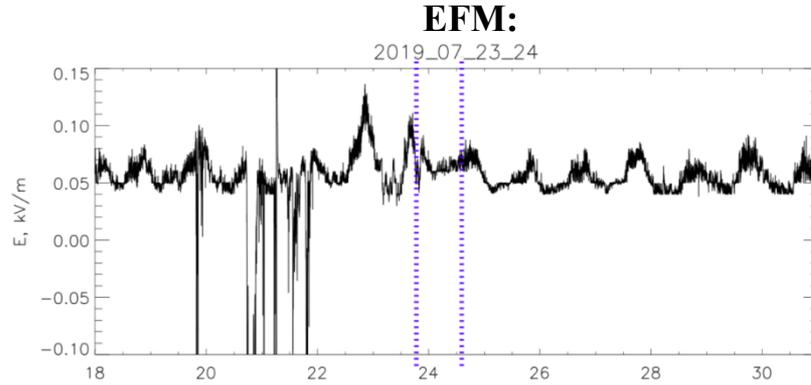
CRPT:



2019/07/23 18:40 4.7 40 115 // 2019/07/24 14:16 4.5 65 131

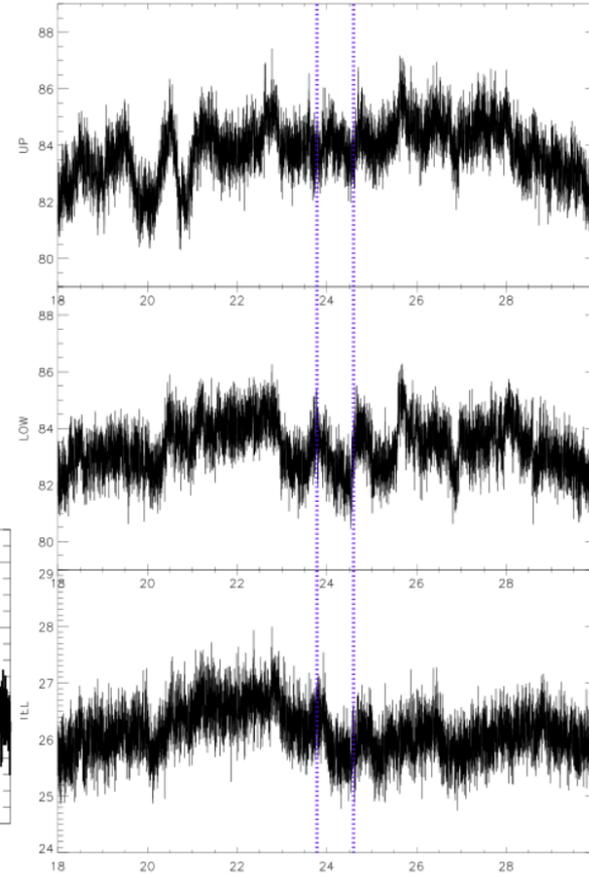
Данные представлены по дням:

Gamma:



CRPT:

2019_07_23_24



Метод наложенных эпох

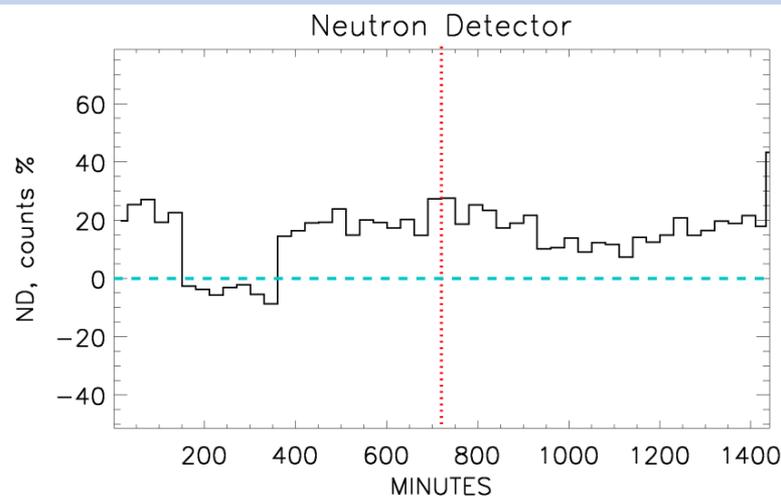
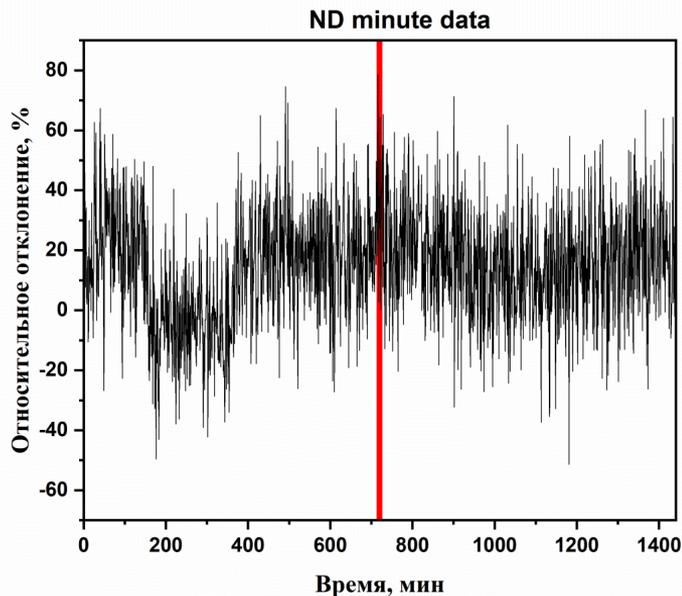
Для исследования вариаций нейтральной и заряженной компонент космических лучей в приземной атмосфере в районе астрономической обсерватории CASLEO во время землетрясений был использован метод наложенных эпох.

В качестве примера были выбраны 7 событий (землетрясений), к которым был применен указанный метод на коротком временном интервале ± 12 часов от момента события:

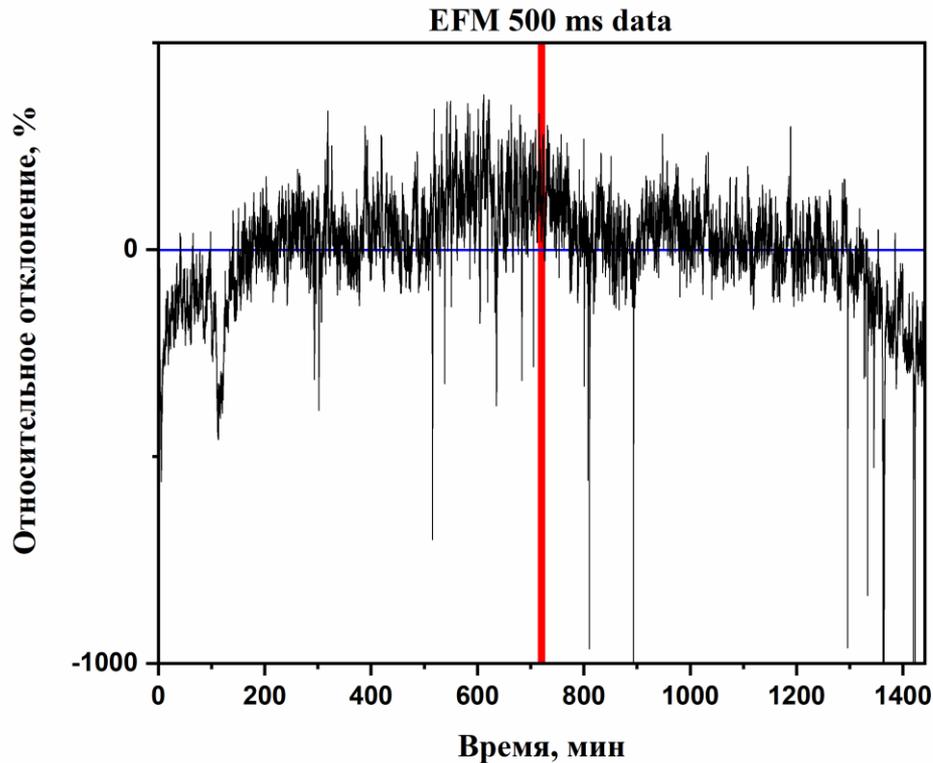
2015/12/09	05:52	4.4	60	120
2016/01/11	07:51	4.6	40	118
2016/10/13	20:13	4.2	70	163
2016/11/26	20:58	4.6	60	105
2016/11/28	21:41	3.8	65	107
2016/12/17	18:47	4.2	50	158
2018/11/11	16:16	4.4	80	111

Метод наложенных эпох для данных нейтронного детектора

- ❖ Использовались данные нейтронного детектора с 1- и 30- минутным разрешением;
- ❖ Красной вертикальной линией показаны моменты землетрясений.

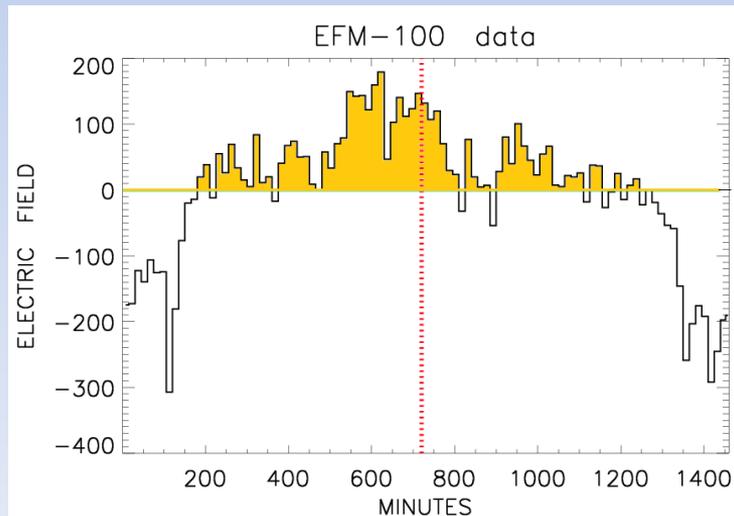


Метод наложенных эпох для данных датчика электрического поля (EFM-100)



❖ Использовались данные датчика электрического поля с разрешением 500 мс и 5 мин.

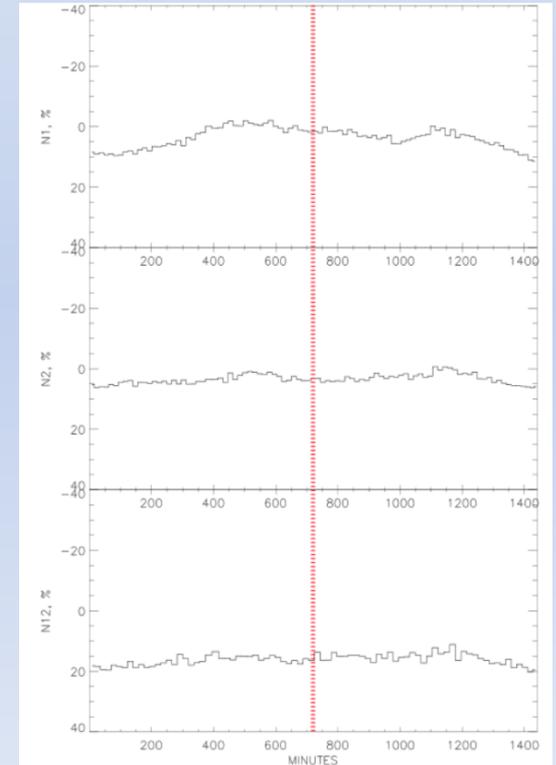
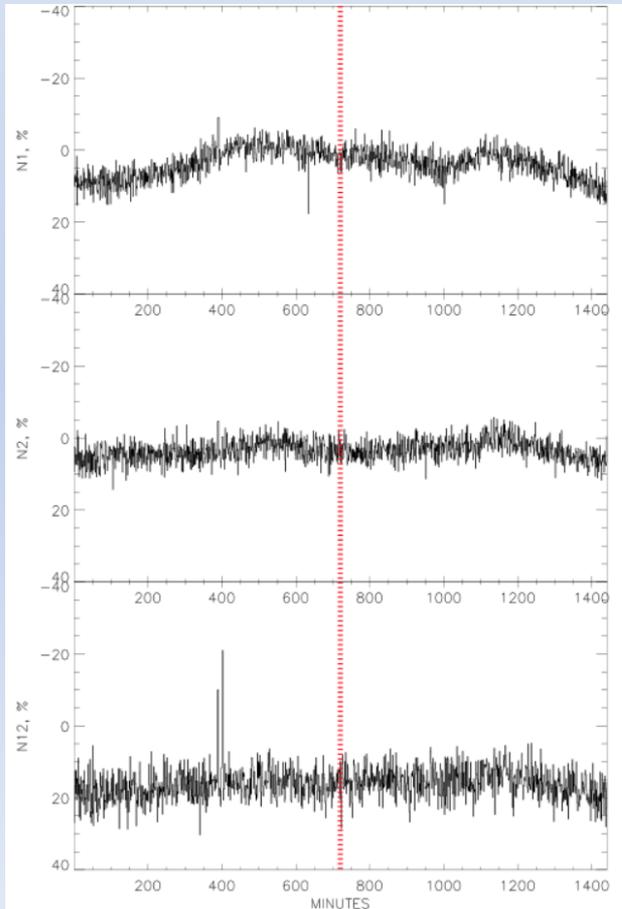
❖ Красной вертикальной линией показаны моменты землетрясений.



Метод наложенных эпох для данных детектора CARPET

❖ Использовались данные детектора с 1- и 15- минутным разрешением;

❖ Красной вертикальной линией показаны моменты времени землетрясений.



Результаты

- Проведен предварительный анализ вариаций нейтральной и заряженной компонент космических лучей и электрического поля в приземной атмосфере в районе астрономической обсерватории CASLEO (Мендоза, Аргентина) во время землетрясений. Используются экспериментальные данные, полученные на детекторе КОБЕР (CARPET), нейтронном детекторе, гамма – спектрометре и мониторе электрического поля.
- Исследована серия землетрясений, произошедших на удалении 40-80 км от CASLEO.
- Установлено, что
 - события наблюдаются в период увеличенного приземного электрического поля (в течение 5-6 часов)
 - практически отсутствуют значимые вариации малоэнергичной заряженной и нейтронной компонент космических лучей
 - нередко сейсмическая активность наблюдается в период повышенной грозовой активности в приземной атмосфере

Спасибо за внимание!