

**Корреляция интенсивности мюонов с
задержкой радиосигналов со
спутников GPS, регистрируемых в
горном ущелье**

27 июня 2022 г.

*Хаердинов Н.С., Лидванский А.С., Петков В.Б.,
Хаердинов М.Н.*

Институт Ядерных Исследований РАН

Постановка задачи

На прошлой конференции нами сообщалось о регистрации, в хорошую погоду, по вариациям мюонов электрического поля характерного для гроз. Было высказано предположение о регистрации в этот период подземных электрических разрядов. Используя спутниковые часы было зарегистрировано значительное 20- минутное возмущение ионосферы возникшее сразу после подземного разряда. Калибруясь по результату наблюдения магнитной бури, была оценена амплитуда – троекратное увеличение ПЭС.

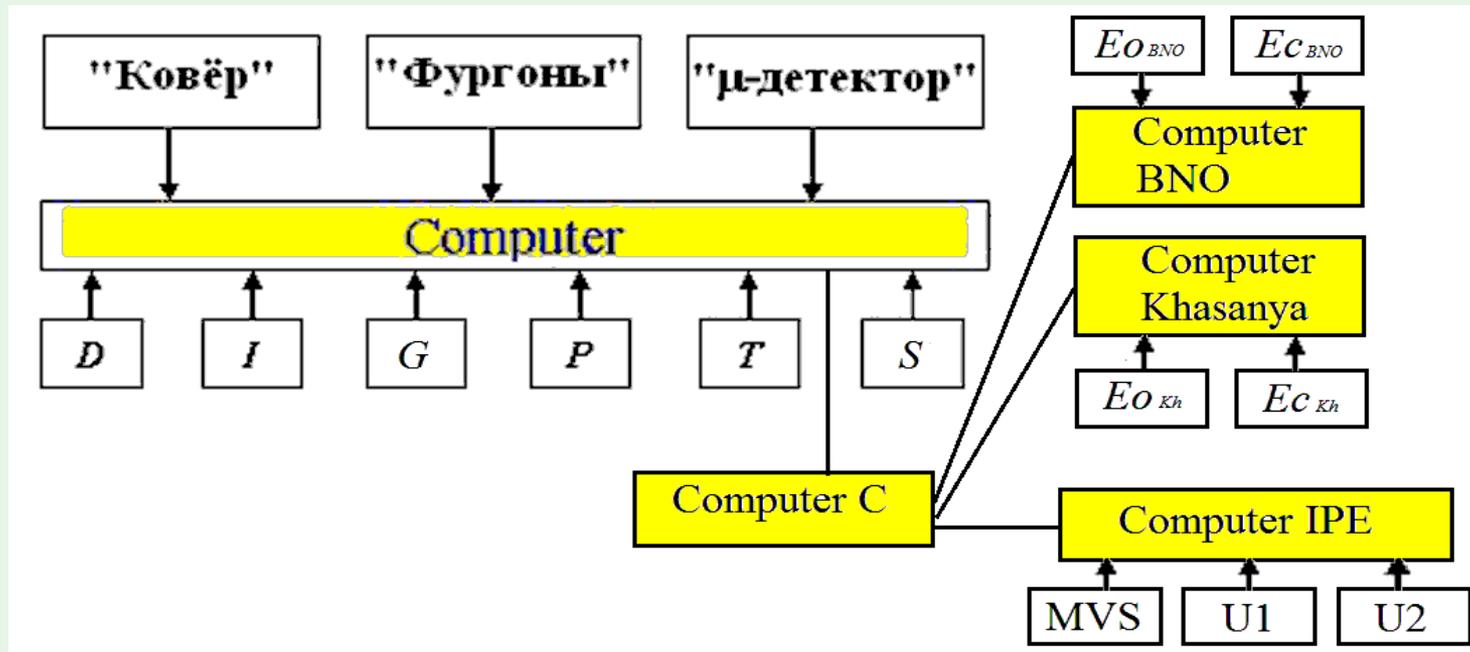
На материале 40 суток зарегистрированной непрерывной информации (с 29072019 по 06092019), методом корреляционного анализа, производится статистическая оценка коэффициентов связи задержки радиосигналов со спутников GPS, зарегистрированных теми же часами на установке «Ковёр», с вариациями ПЭС, определёнными по глобальным картам ионосферы. Выводы сравниваются с результатом калибровки.

Краткое описание основных этапов работы

- На материале 40 дней были изучены регистрируемые установкой вариации интенсивности мюонов в период сложной геомагнитной активности.
- Используя стандартные карты полного электронного содержания ПЭС, аппроксимируя их для координат установки, составлена база данных, в последствие используемая в корреляционном анализе. Анализ проводился с регистрируемой задержкой приёма сигнала точного времени от системы спутников GPS посредством часов *GPS170PCI* . Анализировалась и корреляционная связь с интенсивностью мюонов. Получены коэффициенты регрессии.
- Изучена работа часов *GPS170PCI* . Построена модель обработки данных, позволившая, в основном, разделить вариации влияния шумов связи от вариаций регистрируемых задержек спутниковых сигналов.
- Используя полученные экспериментальные оценки проведён анализ исследуемого периода 40 дней с 29.07.2019 по 06.09.2019.

Описание экспериментальной базы

Блок схема эксперимента



Датчики каналов дополнительно используемой информации:

D – напряженность электрического поля

I – электрический ток дождя

G – GPS - датчик

P – давление

T – температуры (улицы, детекторов)

S – регистрация электрических помех

EO_{BNO} – ч/б видеокамера «Нейтрино»

EC_{BNO} – цветная видеокамера «Нейтрино»

EO_{BNO} – ч/б видеокамера «Хасанья»

IEC_{BNO} – цветная видеокамера «Хасанья»

MVS – магнитно-вариационная станция

U1, U2 – наклономеры (север-юг, восток-запад) (ИФЗ)

Регистрация вторичных частиц космических лучей

Установка расположена в горном ущелье на высоте **1700 м**, координаты **43.3°N 42.7° E**.

Организована на базе сцинтилляционных детекторов.

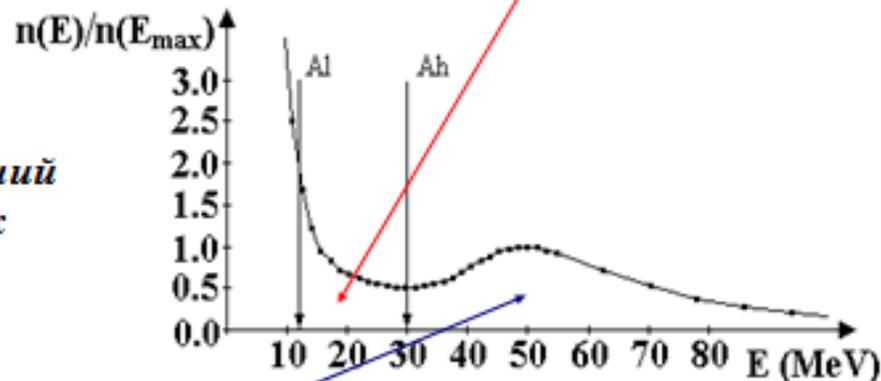
Эффективная площадь регистрации:

Жесткая компонента
 196 м^2 (40000 с^{-1})

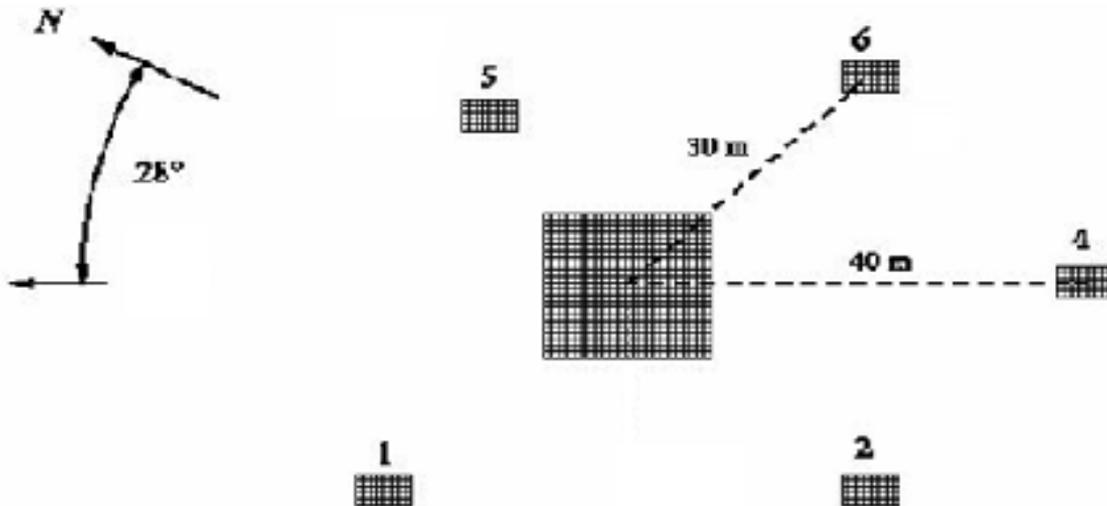
Мягкая компонента
 45 м^2 (14000 с^{-1})

Мягкая компонента: регистрируется внешними пунктами в диапазоне энерговыведения в детекторе **10-30 МэВ**
Состав: 56% - γ , 31% - e^\pm , 13% - μ

Спектр энерговыведений в слое базовых детекторов

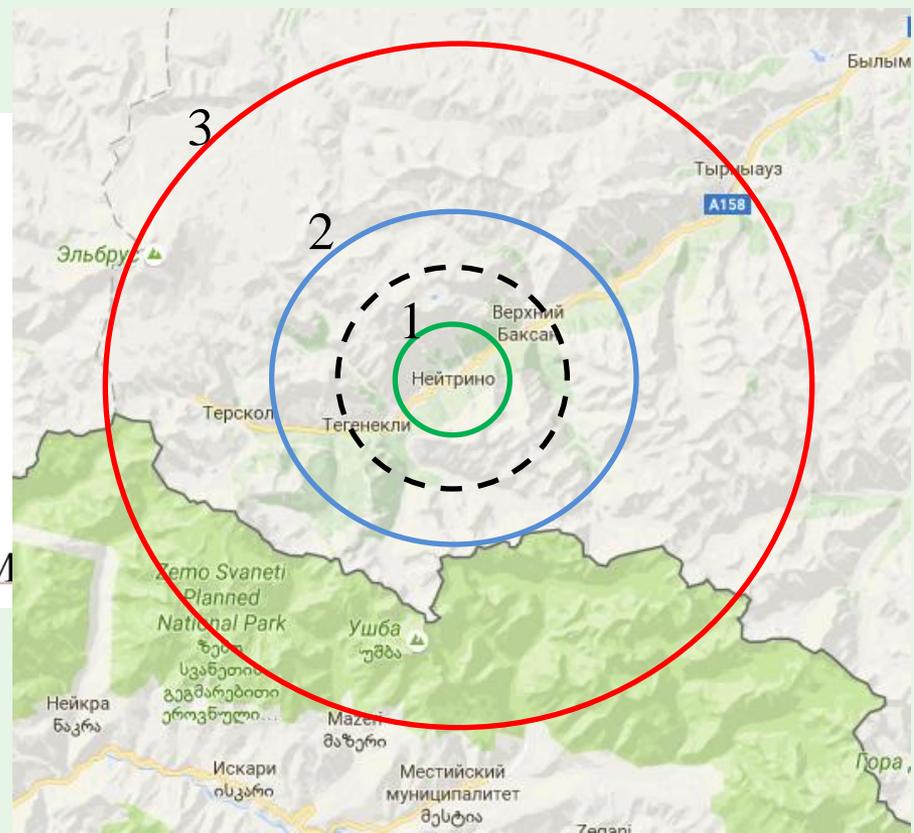
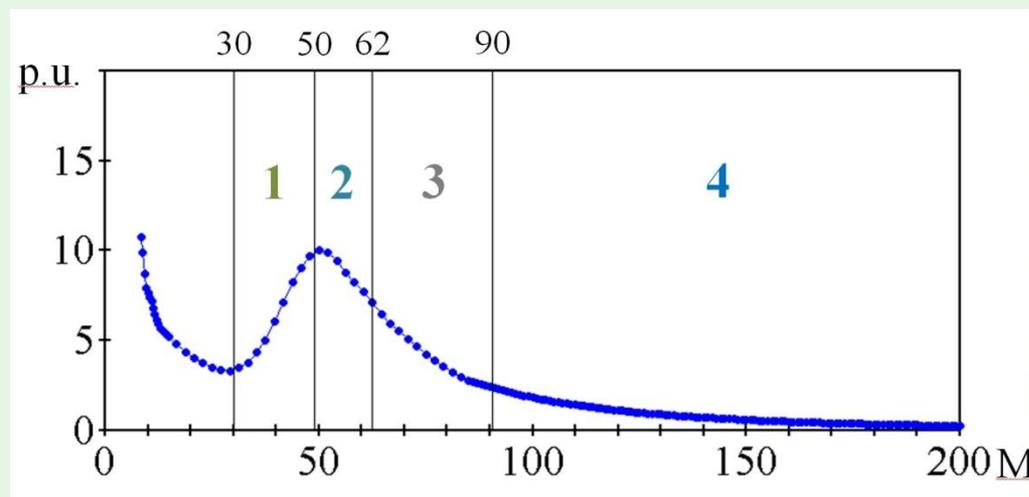


Жесткая компонента: регистрируется детекторами в здании под бетонной крышей (29 г/см^2) в области выше **30 МэВ**.
Состав: 83% - μ , 10% - e^\pm , 7% - γ . $E(\mu) > 100 \text{ МэВ}$



Выделение вертикальных и периферийных мюонов

Значение энергетических порогов задаёт граничное направление регистрации наклонных мюонов. Сумма первой и второй части – центральная часть – от 0° до 37° составляют группу «вертикальных» мюонов, $R1=3.5$ км. Третья – от 37° до 57° , характерная внешняя граница **12 км**, четвёртая группа – «периферийная» более 57° , $R3 = 21$ км



Результаты наблюдений

*Анализ тенденций общего состояния
по 40 суткам 29.07-06.09 2019*

40 суток: 29.07-06.09.2019

Общие характеристики состояния атмосферы.

Наблюдается корреляция возмущённости ионосферы с интенсивностью мюонов

Приземное электрическое поле

Температура улицы

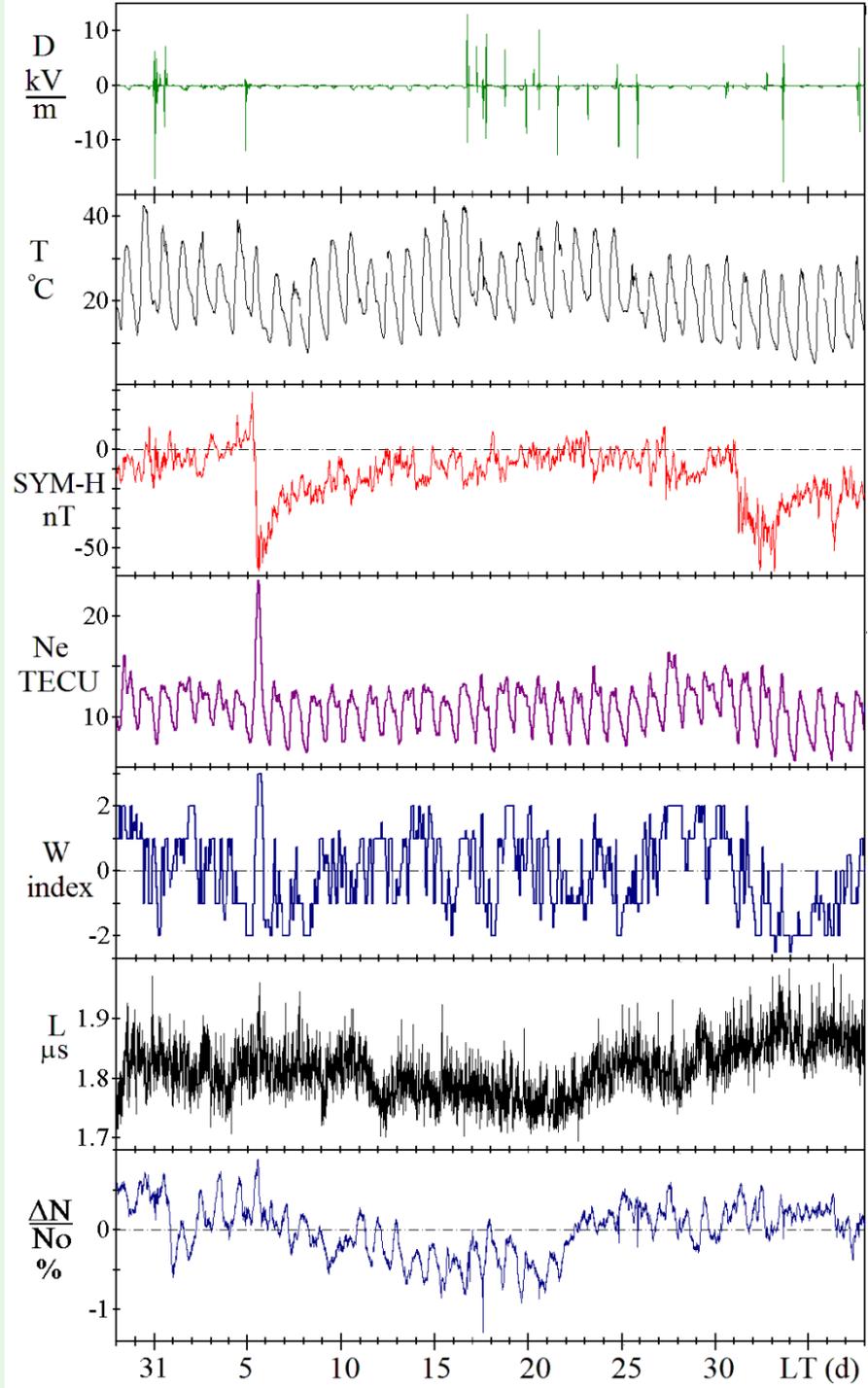
Индекс SYM-H

ПЭС

Индекс возмущённости ионосферы

Задержка выделения точного времени часами

Интенсивность мюонов
Энергия более 100 МэВ



Демонстрация влияния шумов на измерение задержек радиосигналов

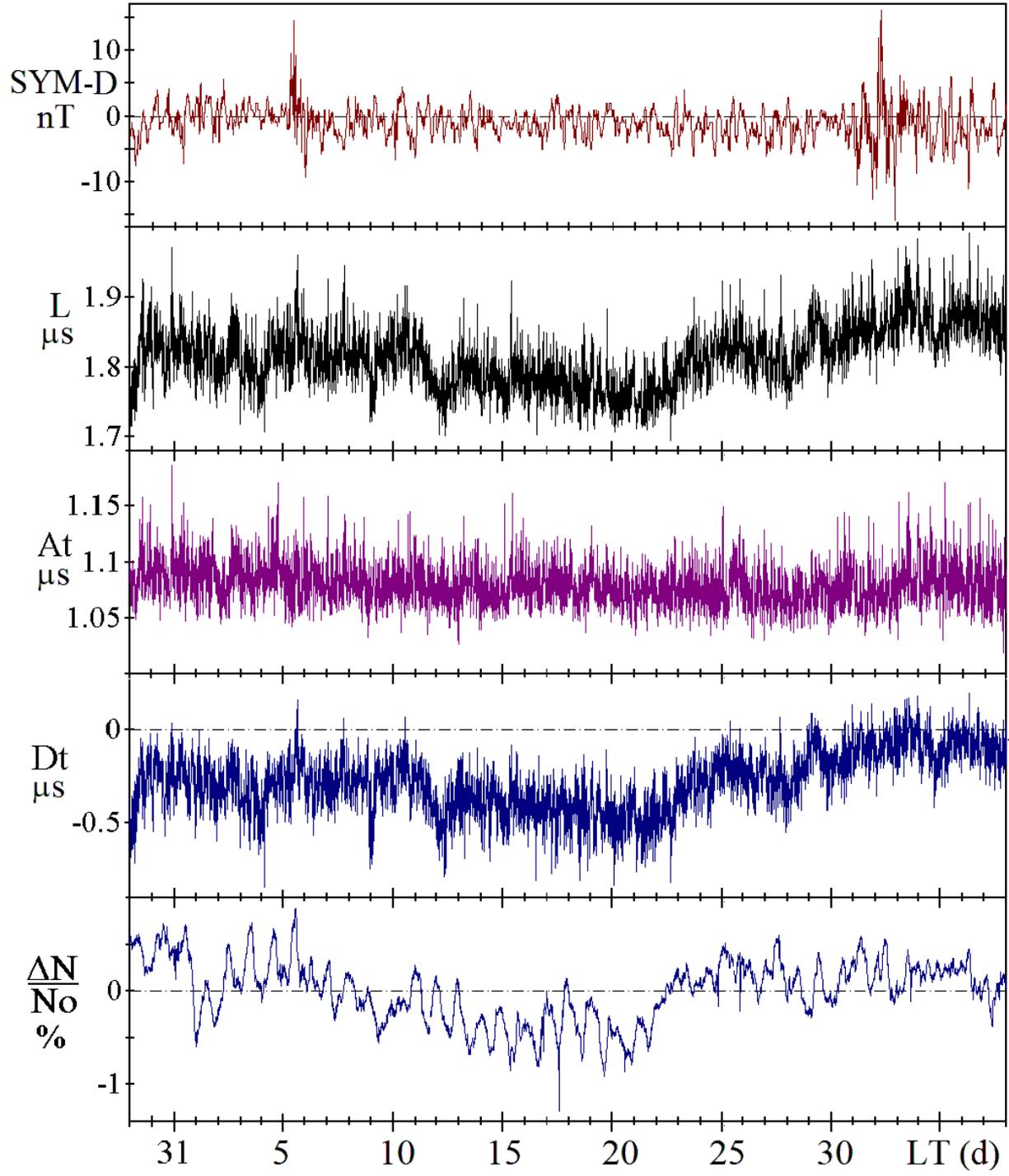
Индекс SYM-D

Задержка выделения точного времени часами

Задержка аппаратная

Разница задержек истинной и расчётной

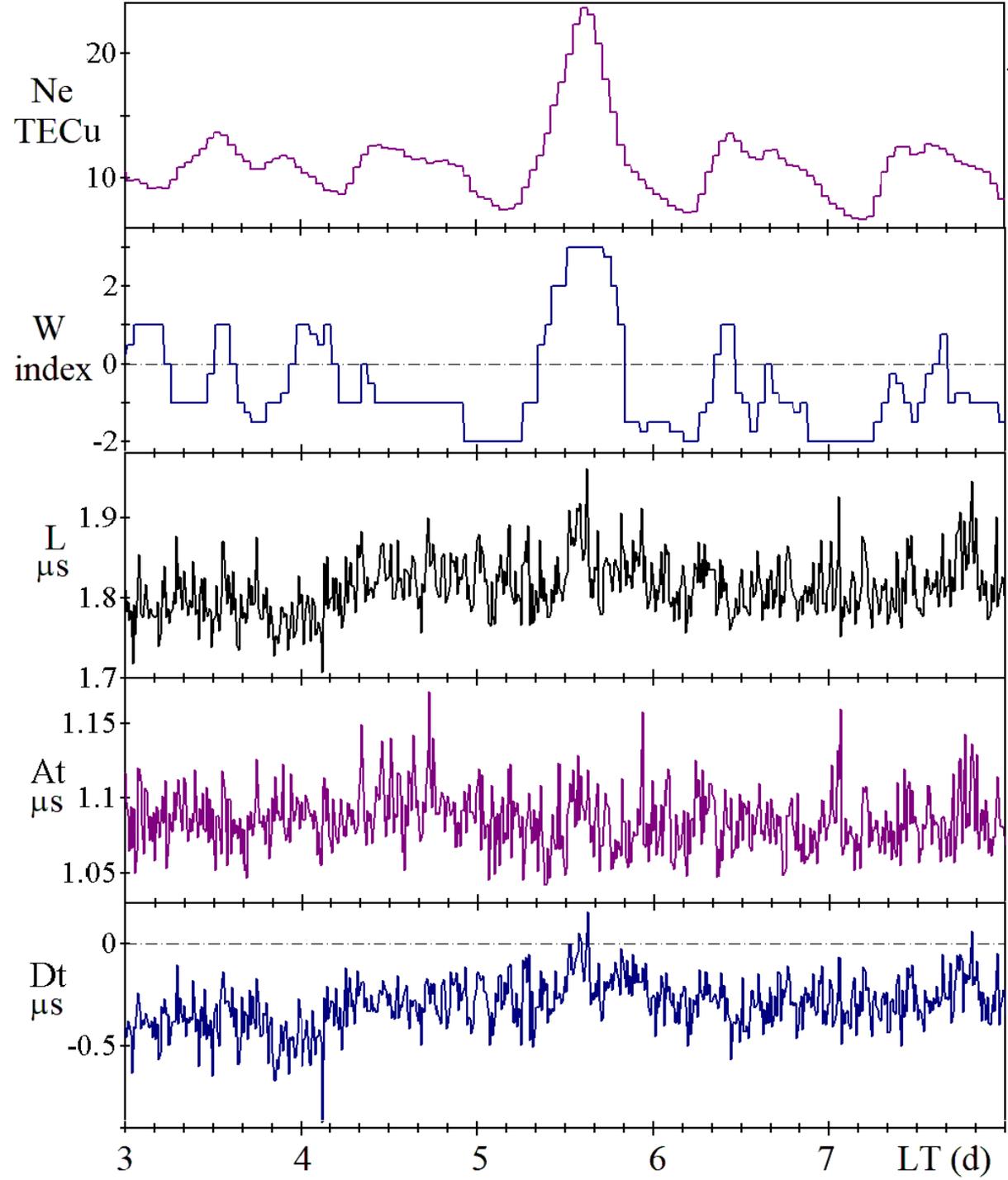
Интенсивность мюонов
Энергия более 100 МэВ



Основные результаты корреляционного анализа

Корреляция <L × X>	Коэффициенты	N_e	W	$N_{\mu/P}$	$N_{\mu/PA}$
L	корреляции	$0.0816 \cdot (1 \pm 0.027)$	$0.134 \cdot (1 \pm 0.017)$	$0.219 \cdot (1 \pm 0.010)$	$0.270 \cdot (1 \pm 0.008)$
	регрессии $\langle \beta_{L/X} \rangle_{24}$	$5.359 \cdot (1 \pm 0.036)$ нс/ТЕС	$7.697 \cdot (1 \pm 0.025)$ нс/индекс	$35.65 \cdot (1 \pm 0.015)$ нс/%	$106.6 \cdot (1 \pm 0.013)$ нс/%

Калибровочный момент
магнитной бури.
Есть глобальный сигнал
возмущения ионосферы и
есть регистрация его
спутниковыми часами.

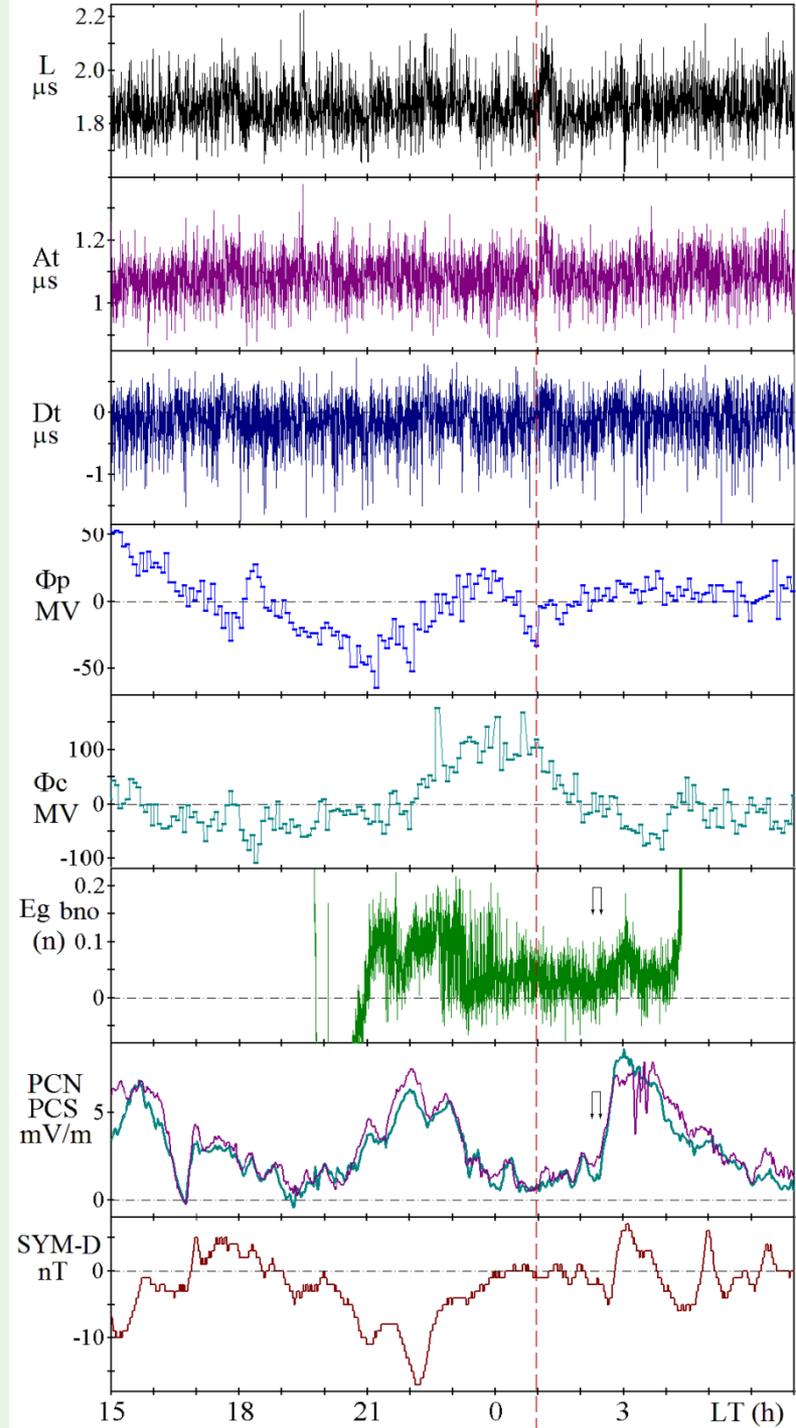


01.09-02.09.2019

Общие характеристики: Отмечен момент импульсного подземного разряда. Максимальный сигнал имеется в канале аппаратных шумов.

То есть разряд вызвал дополнительные помехи которые долго обрабатывались приёмником.

Утверждение что разряд вызвал локальное троекратное возрастание ПЭС – возможно ошибочно.



Выводы

Изучена связь экспериментально измеряемого времени извлечения точного времени спутниковыми часами *GPS170PCI* с вариациями полного электронного содержания, возмущённости ионосферы и вариациями интенсивности мюонов с энергией более 100 МэВ. Измерены коэффициенты регрессии. Существует реальная возможность регистрации локальных возмущений ионосферы над установкой «Ковёр».

Освоен метод выделения моментов ошибочного измерения локальных возмущений ионосферы над установкой «Ковёр»

