

**33-я Всероссийская конференция по  
космическим лучам  
Monday 11 August 2014 - Friday 15  
August 2014  
Дубна**

**Вариации нейтронного потока во  
время гроз**

**<sup>1</sup> Баксанская Нейтринная Обсерватория**

**<sup>2</sup> Институт Ядерных Исследований РАН**

**<sup>3</sup> МИФИ**

**<sup>4</sup> НИИЯФ МГУ**

**Алексеенко Виктор<sup>1</sup>, Джаппуев Дахир<sup>1</sup>, Куджаев Александр<sup>1</sup>,  
Михайлова Ольга<sup>1</sup>**

**Стенькин Юрий<sup>2,3</sup>, Степанов Владимир<sup>2</sup>, Щёголев Олег<sup>2</sup>**

**Громушкин Дмитрий<sup>3</sup>, Яшин Игорь<sup>3</sup>,**

**Судаков Владимир<sup>4</sup>**

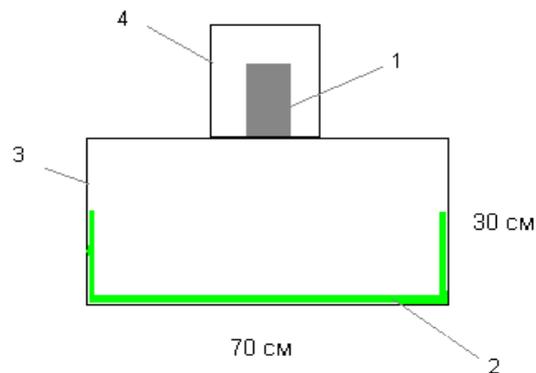
# Краткая вводная информация

- Сообщаются сведения о ранее полученных результатах во время гроз на детекторах тепловых нейтронов, установленных в МИФИ(**эн-детекторы**) и МГУ(гелиевые счётчики)
- Регистрация потока тепловых нейтронов **эн-детекторами** производится с использованием компаунда мишень-сцинтиллятор  $6\text{LiF}+\text{ZnS}(\text{Ag})$
- Сообщаются сведения о новой экспериментальной установке (**эн-детекторы**) <Нейтрон-БНО>, введённой в эксплуатацию в декабре 2013 года в БНО
- Установка предназначена для регистрации и изучения вариаций потока тепловых нейтронов во время Форбуш-эффектов и гроз, а также и других геофизических явлений
- Проводится сравнительный анализ результатов получаемых на Баксанском НМ и установке Нейтрон-БНО во время гроз

## Содержание доклада

- 1. Эн-детектор тепловых нейтронов
- 2. Ранние результаты
- 3. Установка Нейтрон-БНО
- 4. Сравнение показаний БНМ и Нейтрон-БНО во время гроз
- 5. Промежуточные итоги
- 6. Кластерный анализ
- 7. Заключение

# 1. ЭН-детектор тепловых нейтронов



1 – ФЭУ, 2 - рабочее вещество детектора - компаунд мишень-сцинтиллятор  ${}^6\text{LiF}+\text{ZnS}(\text{Ag})$   
3 - светонепроницаемый ящик,  
4 - светонепроницаемый кожух.

## Работает реакция:

${}^6\text{Li} + n \Rightarrow {}^3\text{H} + \alpha + 4.78$   
МэВ. Образующиеся частицы производят сцинтилляции в  $\text{ZnS}(\text{Ag})$ , которые регистрируются ФЭУ- 200,  $\varepsilon = 20\%$

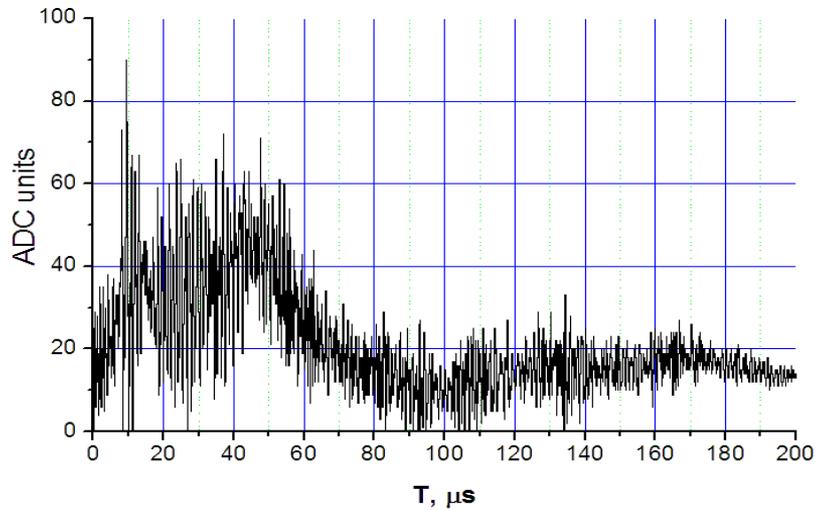
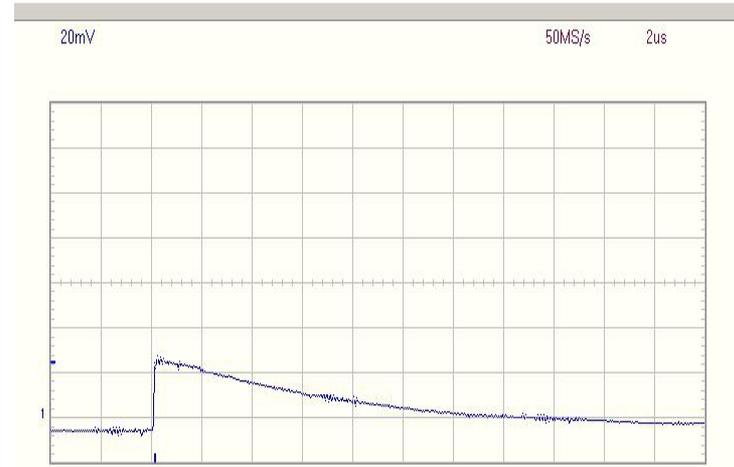


# Селекция нейтронов- анализ формы импульса

импульс от нейтрона, 2  $\mu\text{s}/\text{div}$



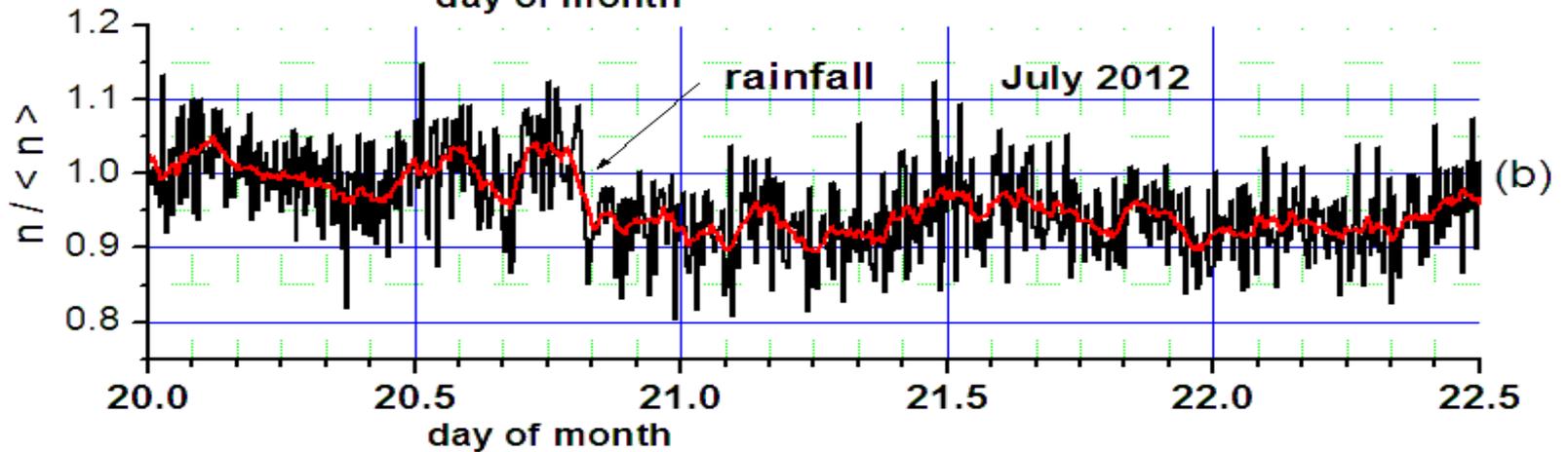
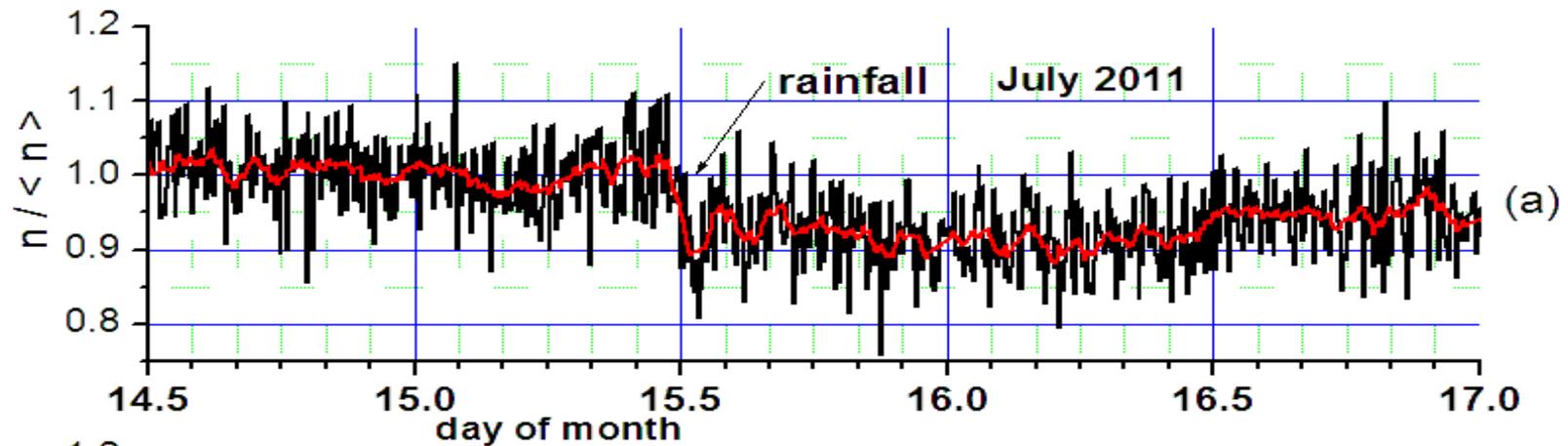
импульс от релятивистской  
заряженной частицы



импульс от  
молниевых  
разряда

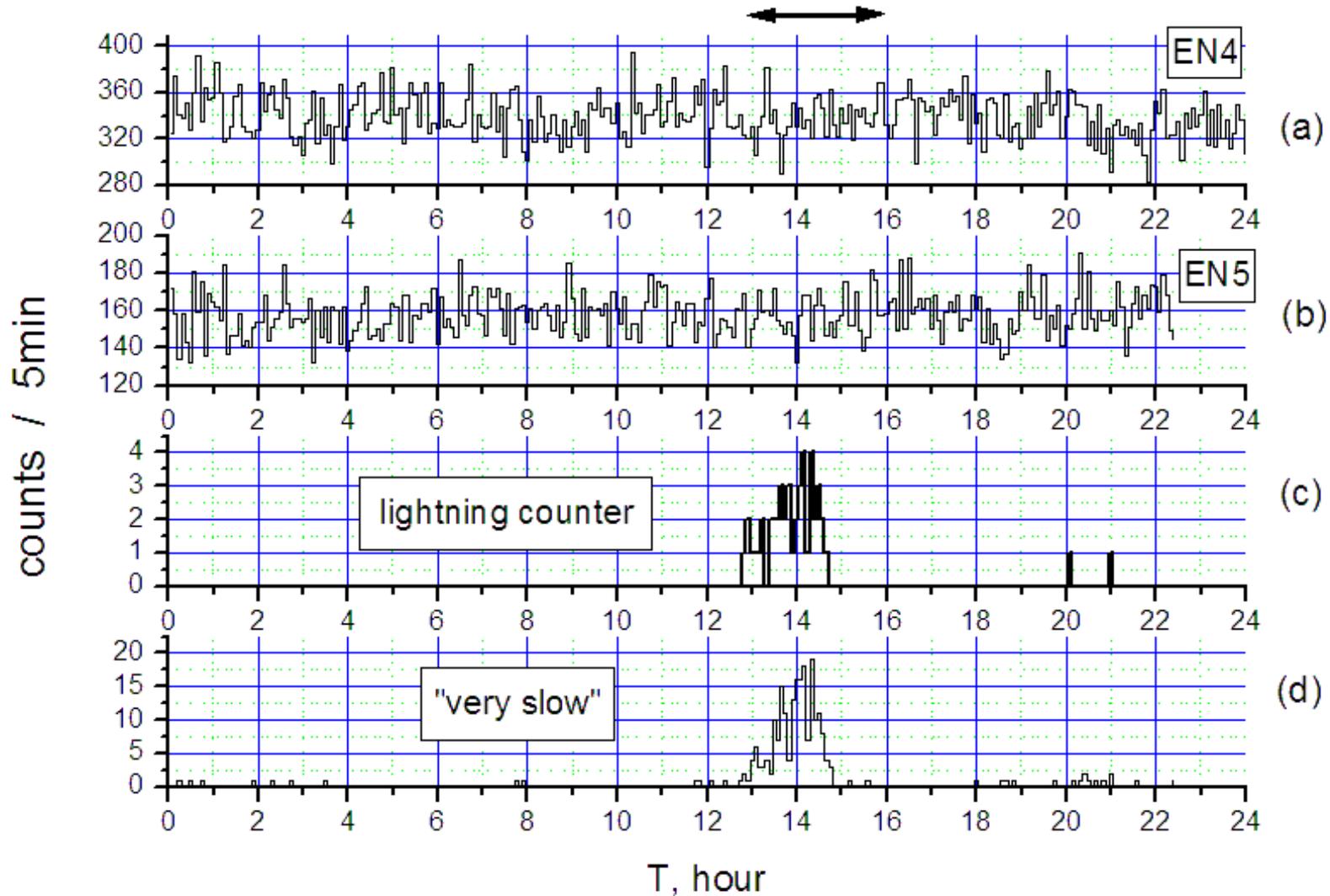
“very slow”

# Присутствие эффекта Рэнди в результате во время грозы МИФИ эн-детекторы

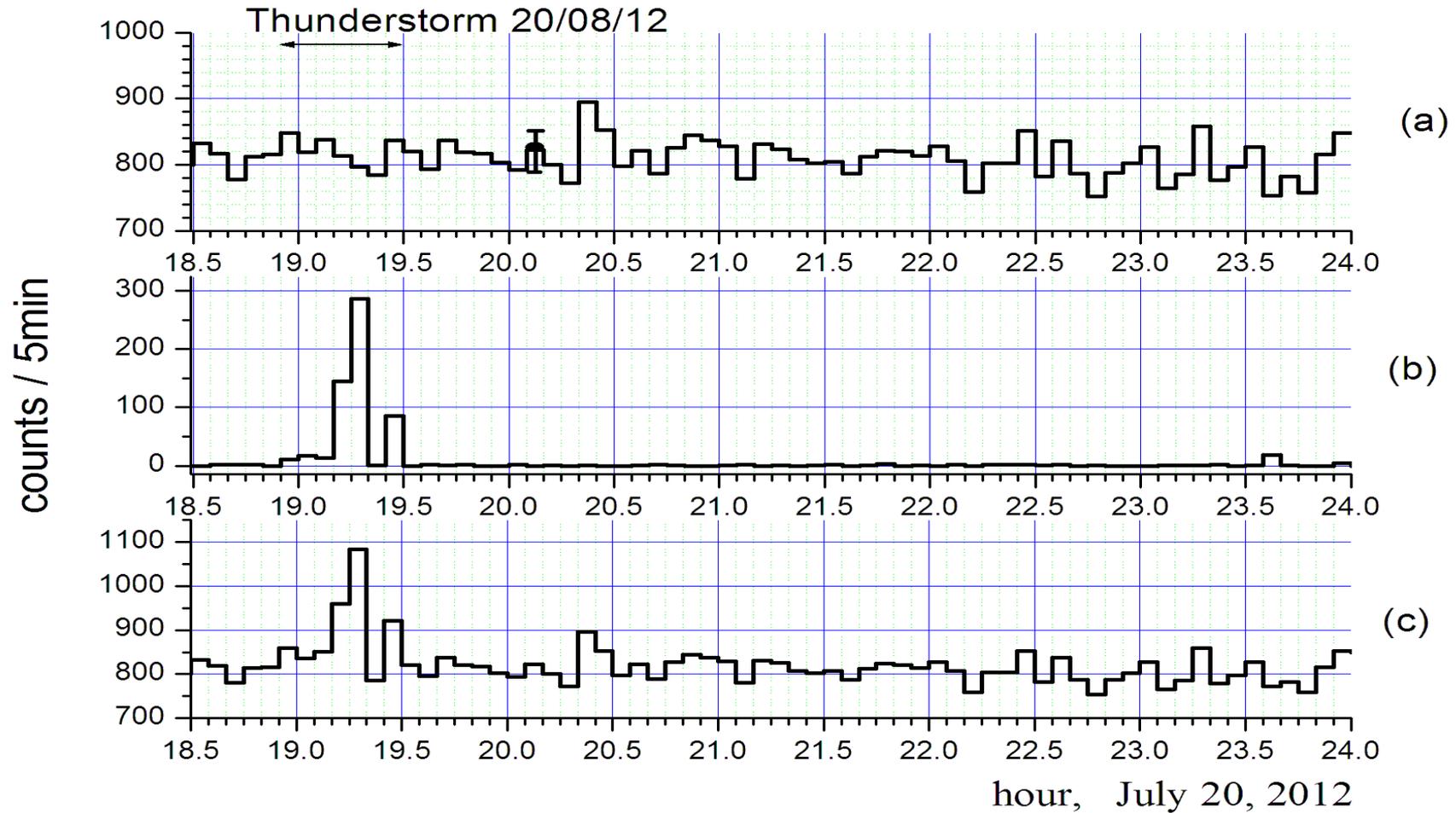


Отсутствие эффекта возрастания темпа счёта нейтронов во время грозы МИФИ эн-детекторы, эл-магнитные наводки -> 10% ложный поток

Thunderstorm 11/08/12



Отсутствие эффекта возрастания темпа счёта нейтронов во время грозы МГУ гелиевые счётчики, < 100 мкс  
-> 35% ложный поток



### 3. Установка Нейтрон-БНО

Введена в строй в декабре 2013

#### В работе 4 эн-детектора:

1- под 5 см полиэтилена

2 - на поверхности нейтронного монитора

3 - на высоте 2.5 метра над уровнем пола

4 - вне здания под тонкой деревянной крышей.

Темп счёта одиночных нейтронов  $\sim 4$  / сек

Точность регистрации времени появления  
нейтрона = 10 мсек

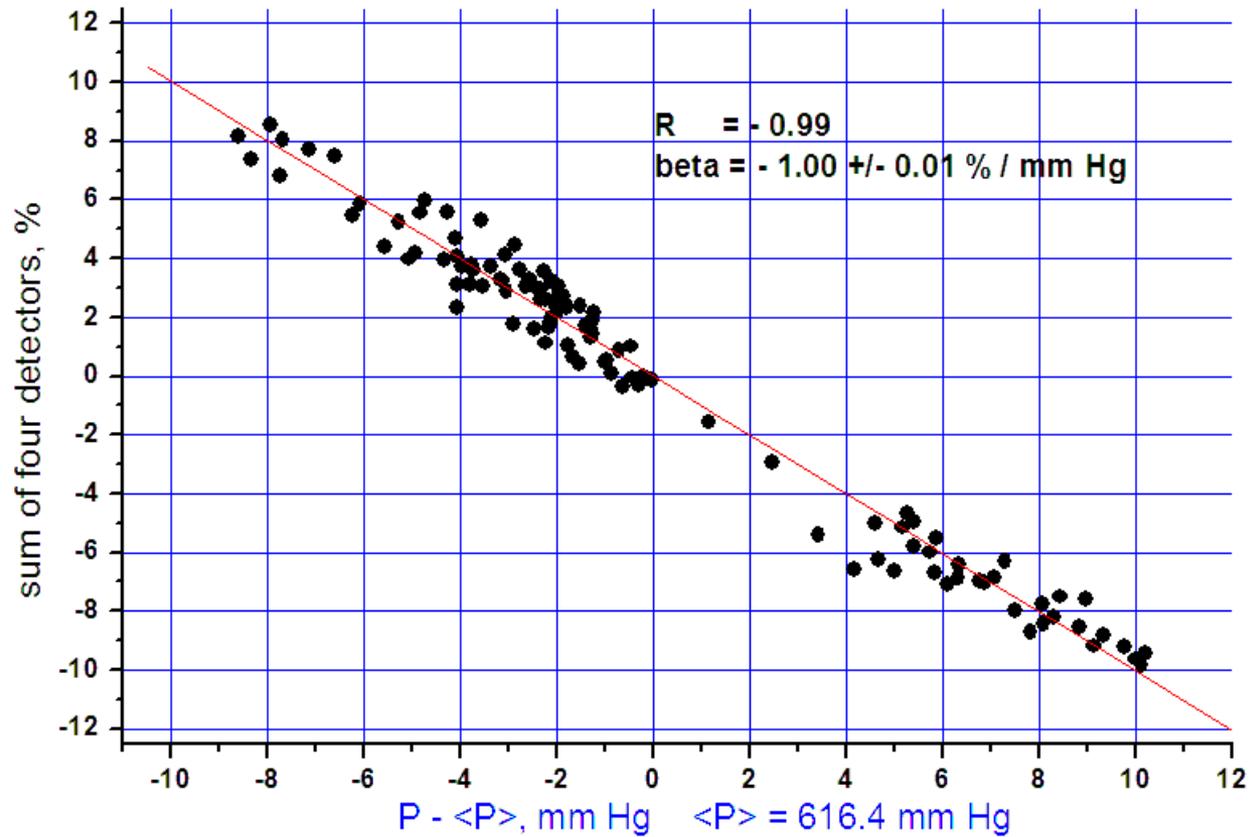
## Блок-схема сбора информации

Купленное (техническая часть): источники питания, АЦП, промРС, кабели, разъёмы

Самодельное(интеллектуальная часть) : детектор, дискриминатор, ИЛИ; -- компьютерная программа -- управляющая (эл-блоки), анализирующая (сигналы) и записывающая информацию -- способ селекции нейтронных импульсов

# Барометрический эффект

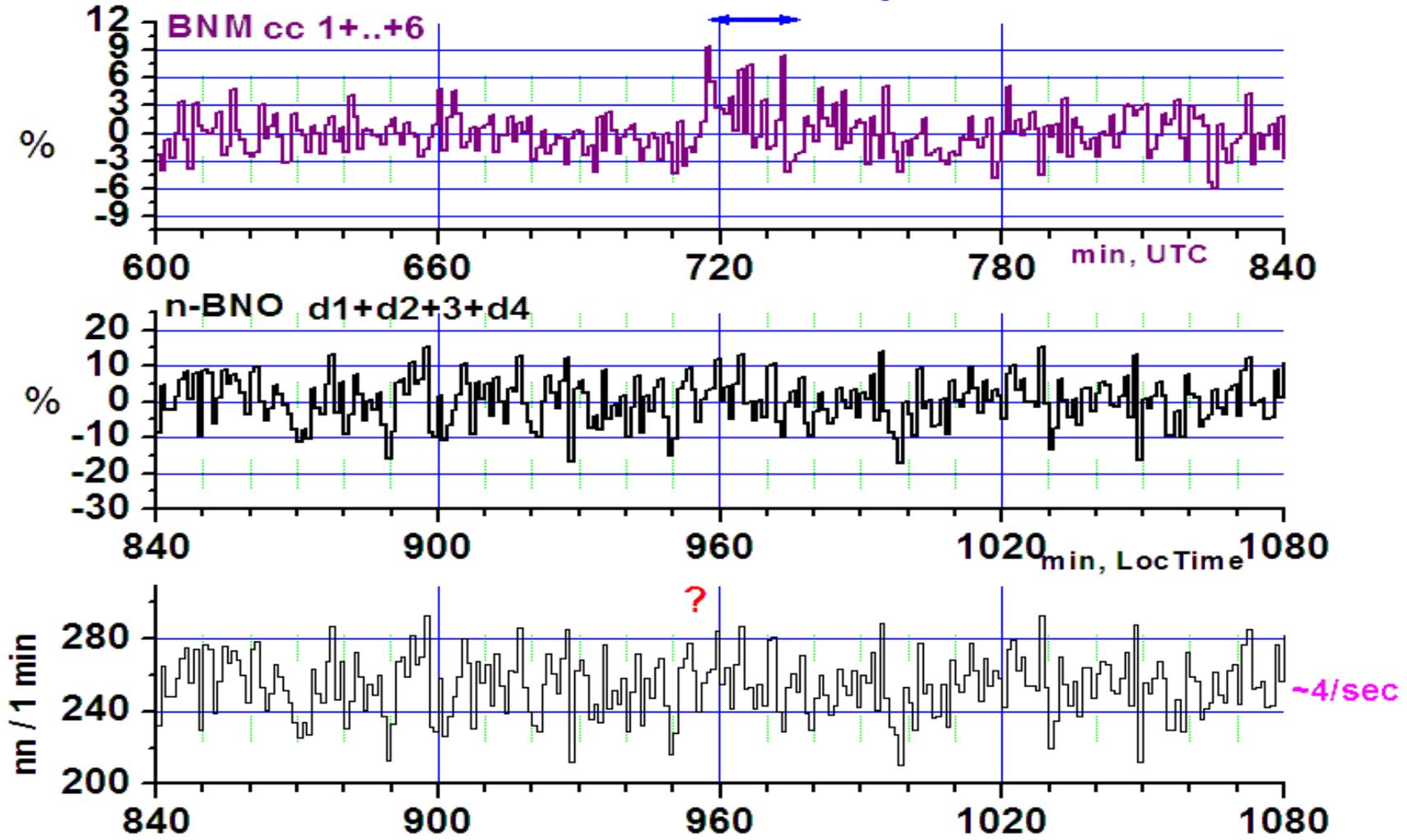
"Neutron-BNO", 14 days, 06/12/2013 - 19/12/2013, 3hour points



# 4. Сравнение нейтронных вариаций, зарегистрированных Баксанским Нейтронным Монитором и детекторами тепловых нейтронов во время грозы 2014/07/17

Замечание : Этот год на Баксане оказывается пока что необычно бедным на грозы, как впрочем и на мощные Форбуш-эффекты.

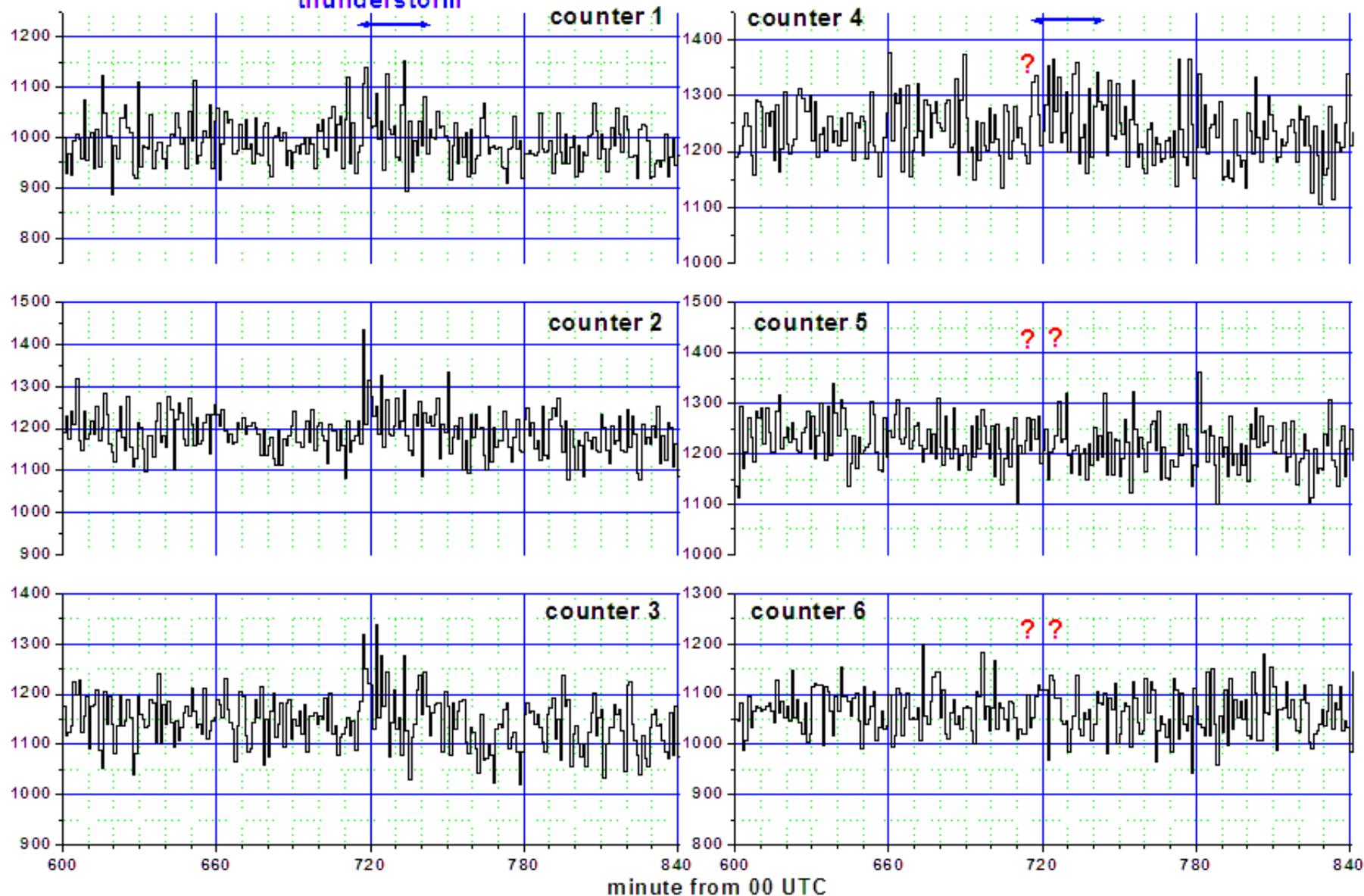
Thunderstorm 17, July, 2014



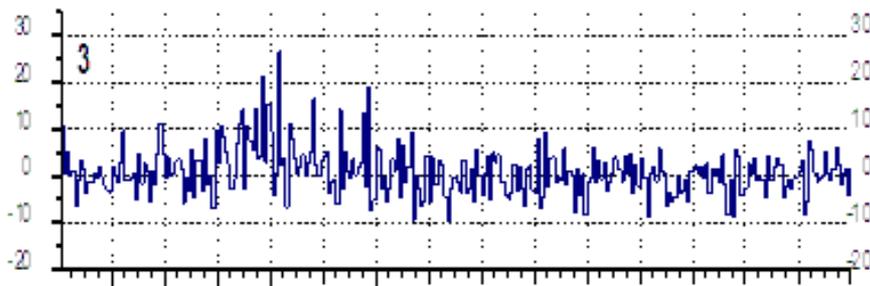
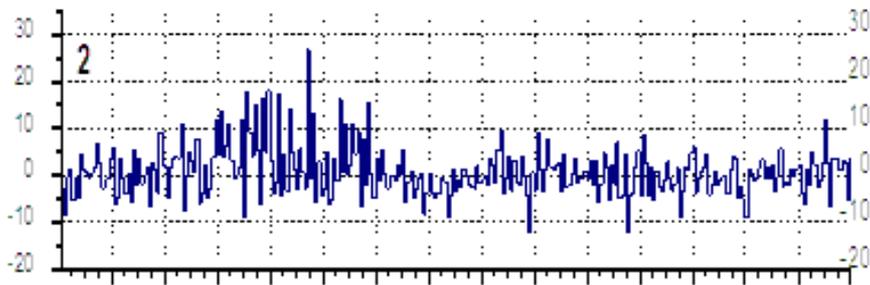
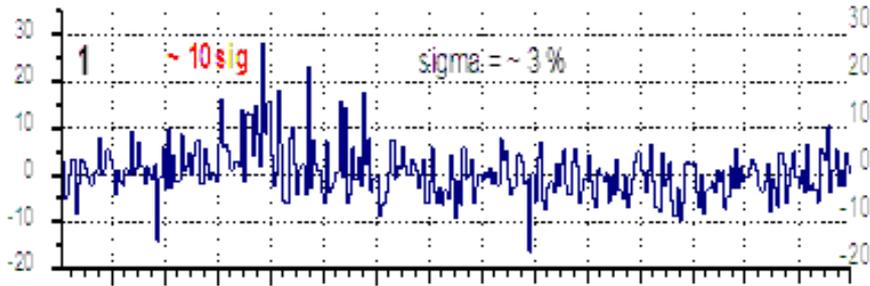
# Six counters, Baksan Neutron Monitor, thunderstorm 17, July, 2014

event/ 1min

thunderstorm



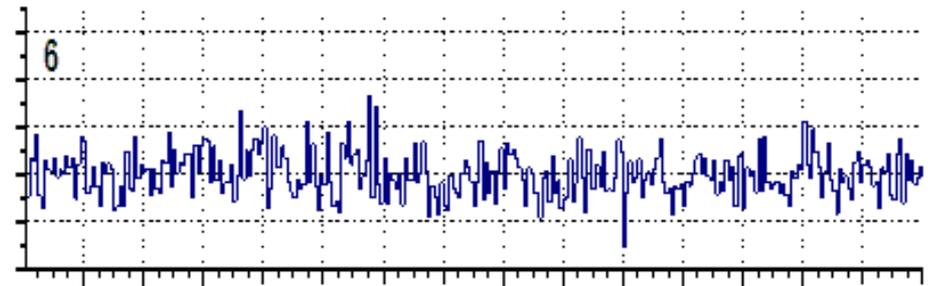
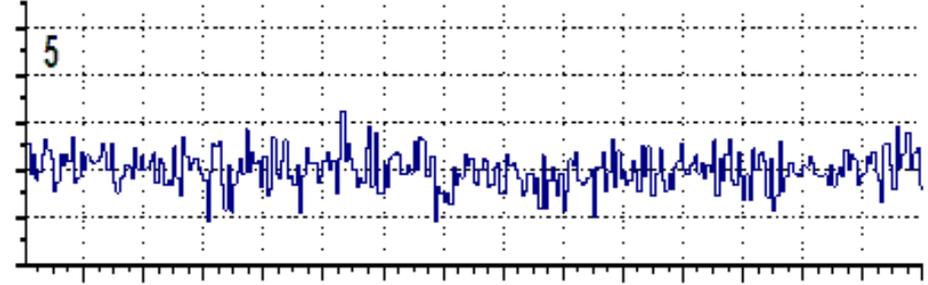
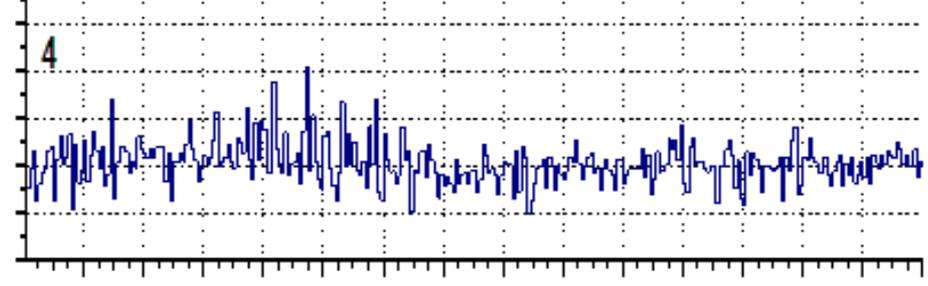
Thunderstorm August 31, 2013. Baksan NM, 1-3 tubes



03.10.2013 14:28:47

min

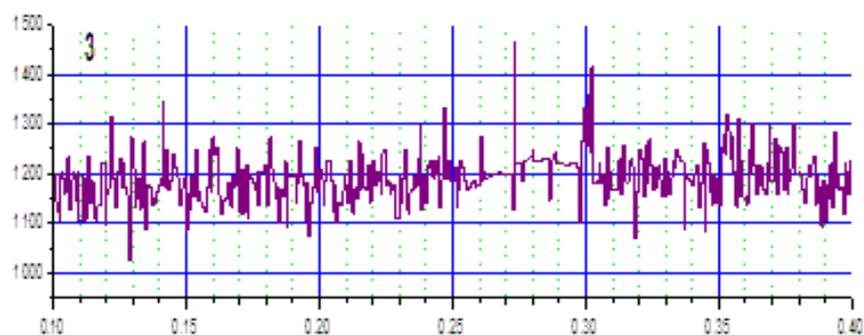
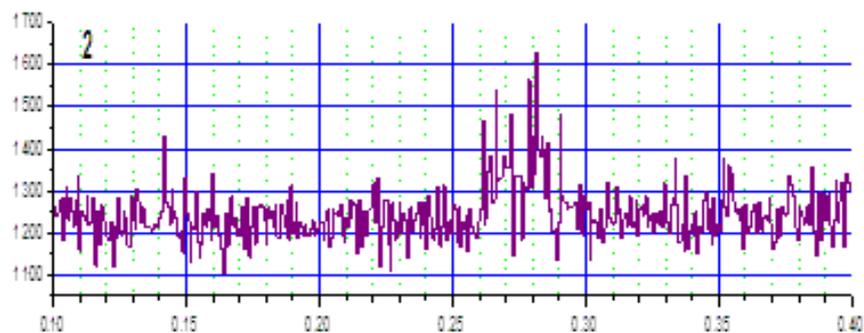
Thunderstorm August 31, 2013. Baksan NM, 4-6 tubes



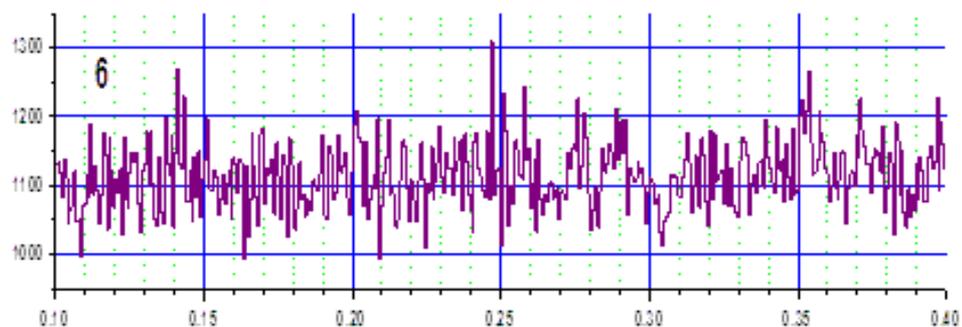
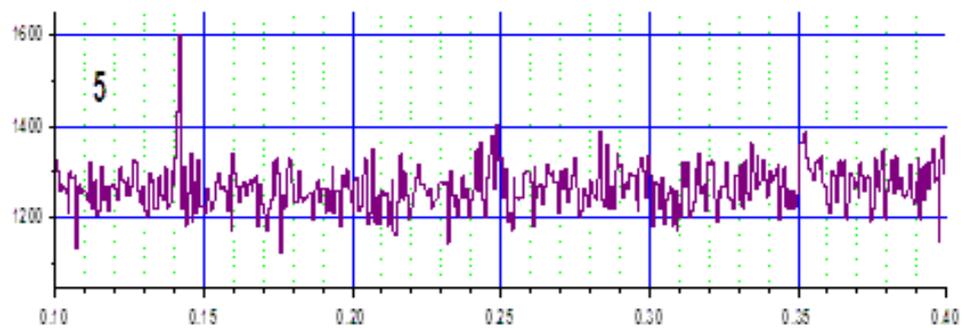
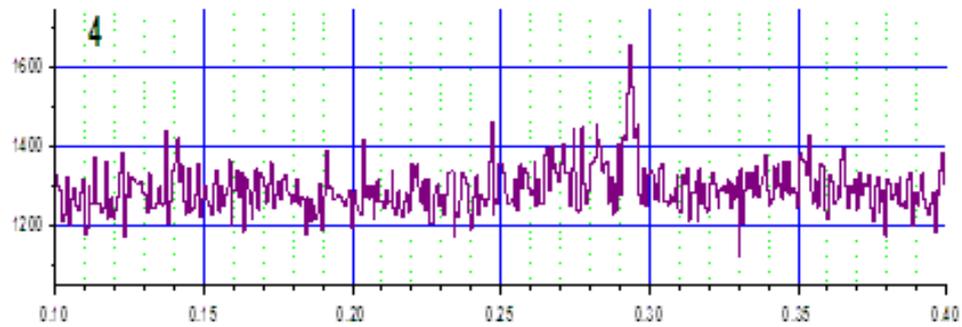
03.10.2013 15:15:37

min

Baksan NM, October 18, 2013. Welding effect, tubes 1 - 3



tubes 4 - 6



## 5. Промежуточные итоги

### 1. Чему научила сварка.

Представление аномальных результатов, полученных на Нейтронных Мониторах, должно сопровождаться либо показом поведения темпа счёта всех трубок монитора, либо утверждением об отсутствии аппаратного неблагополучия. Это позволит воспринимать сообщаемые результаты с большим доверием. Пока же эти результаты можно отнести к разряду артефактов. Во всяком случае — на Баксане это так.

### 2. Об отрицательных результатах регистрации избытка нейтронов во время грозы

Отрицательные заключения, - в отличие от положительных результатов ранее сообщавшихся другими группами, - были сделаны на основании отсутствия в наших наблюдениях статистически значимых эксцессов на уровне 1.64 стандартных отклонений в темпе счёта в период грозы. Исходя из отсутствия эксцесса и нормируя на один разряд молнии, мы можем поставить верхний предел (95 % д.у.) для возможного нейтронного потока от молнии на уровне регистрации:

По эн-детекторам (МИФИ) -  $N_f < 61$  нейтрон / (кв.метр \* 1 удар молнии)

По He-3 счётчикам (МГУ) -  $N_f < 51$  нейтрон / (кв.метр \* 1 удар молнии)

## 6. Идея кластерного анализа

Это есть стандартная коллапсная идея --

Поиск событий, представляющих собой аномально большое количество нейтронов, зарегистрированных внутри скользящего временного окна.

? Длина временного окна = ? → Удар молнии с возможной генерацией нейтронов и затем появление их на уровне регистрации = «нейтронный диск». Судя по результатам, уже полученным нами при регистрации ШАЛ, временная длительность нейтронного диска **T**, состоящего из термализованных нейтронов, не превышает 10 миллисекунд.

? Большое количество нейтронов = ? → определяется статистическими флуктуациями, зависящими от темпа счёта одиночных нейтронов и величины окна.

Итак,

Если во временном окне количество импульсов **N** превысило заранее заданное число **n**, то фиксируется абсолютное время появления такого кластера нейтронов и в соответствующий бин **m** на временной оси добавляется единица: **Cm = Cm + 1**, то есть считается количество кластеров. Для грозового дня 17 июля была выполнена эта процедура для установки Нейтрон-БНО с такими параметрами :

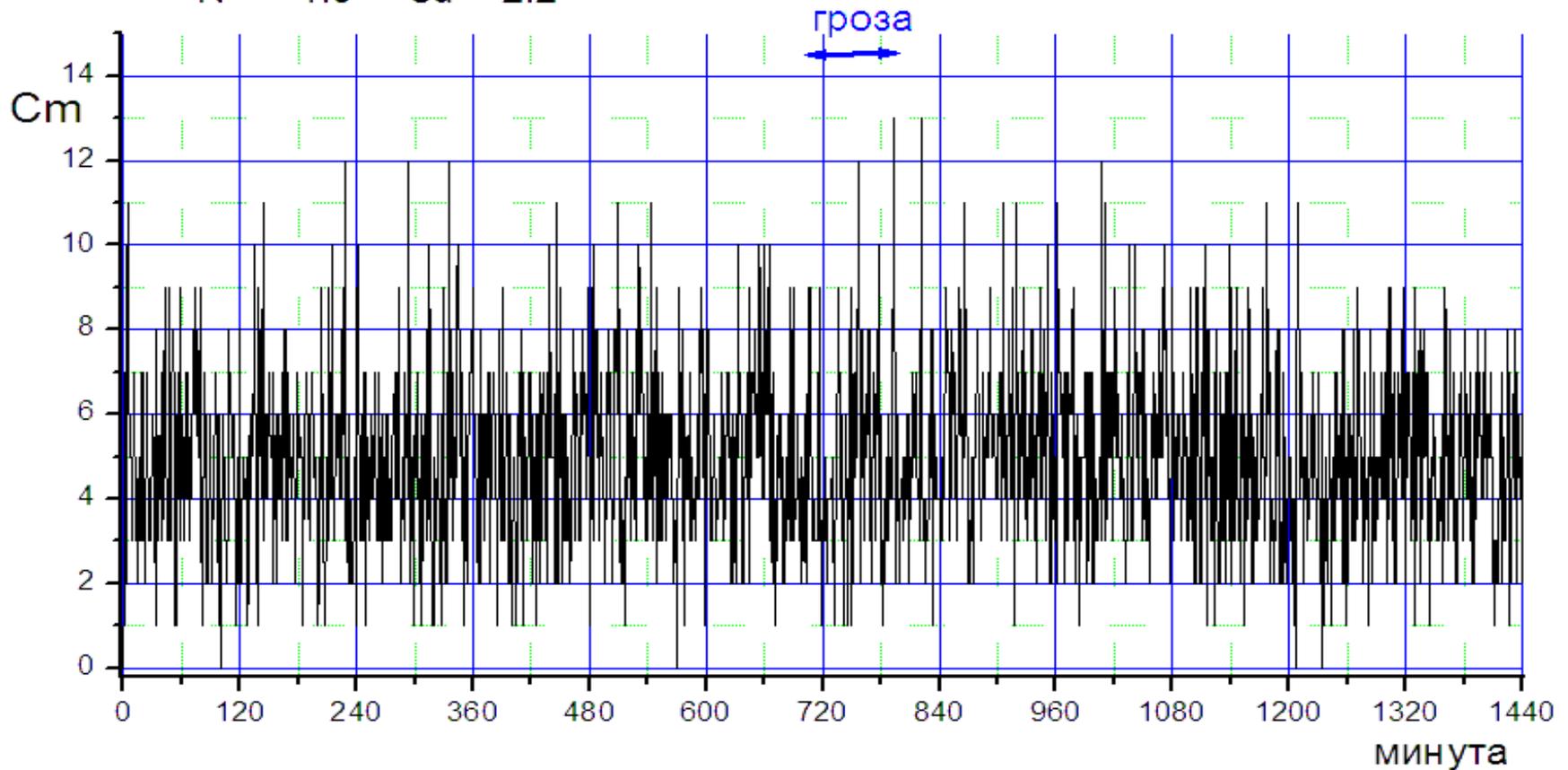
# Результат кластерного анализа

количество зарегистрированных кластеров  $C_m$  во  
временных 1-мин бинах

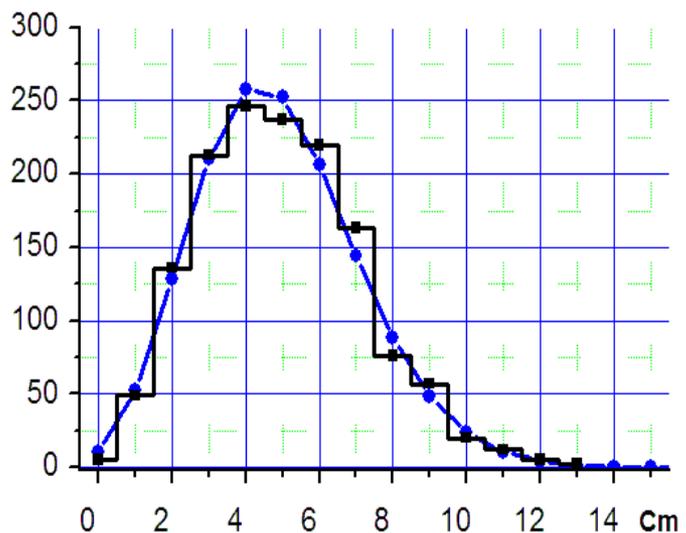
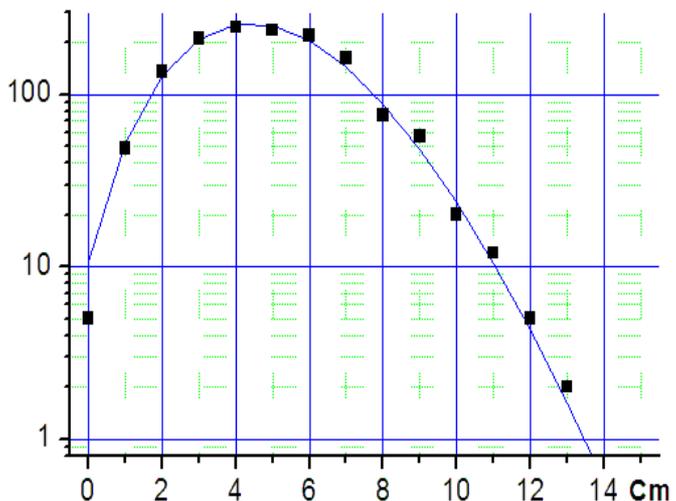
n-BNO гроза 17/07/2014

$T = 10$  миллисекунд,  $n = 1$ ,  $m = 1440$  (минутные интервалы).

$\langle N \rangle = 4.9$   $sd = 2.2$



Poisson Experiment entries = 1440  
 $\langle N \rangle = 4.9$  sd = 2.2



Согласие с Пуассоном не даёт оснований для предположения о наличии каких-либо эксцессов в кластерных временных бинах. Мы получили максимальное значение  $C_m = 13$ .

- Для распределения Пуассона со средним = 4.9 и числом входов = 1440 доля событий, имеющих число реализаций  $C_m < 14$ , составляет 99.9%.

Таким образом мы можем утверждать, что максимальное отклонение от среднего равно восьми ( $8=13 - 4.9$ ) реализовалось чисто случайным образом и, следовательно, можно принять в качестве верхней оценки для потока кластеров число 9, или 18 в количестве нейтронов на один возможный удар молнии в минуту (консервативный случай). Площадь четырёх детекторов = 1.4 кв.м.  $18 / 1.4 = 13$ . И, наконец, с учётом эффективности регистрации = 20%, получаем на 99.9 % д.у. :

$$N_f < 65 \text{ нейтрон} / (\text{кв.метр} * 1 \text{ удар молнии})$$

что совпадает по величине с результатами полученными ранее в МИФИ и МГУ, но находится на более высоком доверительном уровне.

## 7. Заключение

### Итоги и одно пожелание

- Зарегистрирован эффект уменьшения потока тепловых нейтронов на 5-10 % во время грозы, связанный с увеличением поглощения нейтронов в грунте, насыщенном водой.
- Сделаны оценки верхних пределов потока тепловых нейтронов, связанного с разрядами молний, --

### По прямому току:

эн-детекторы (МИФИ) -  $N_f < 61$  нейтрон / (кв.метр \* 1 удар молнии) 95 % д.у.

He-3 счётчики (МГУ) -  $N_f < 51$  нейтрон / (кв.метр \* 1 удар молнии) 95 % д.у.

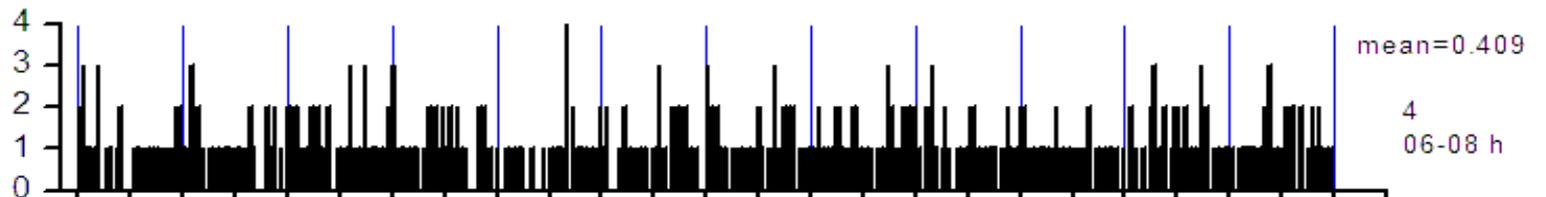
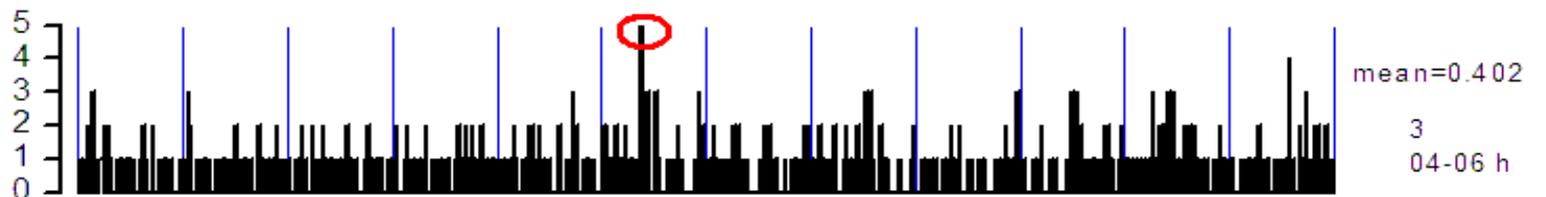
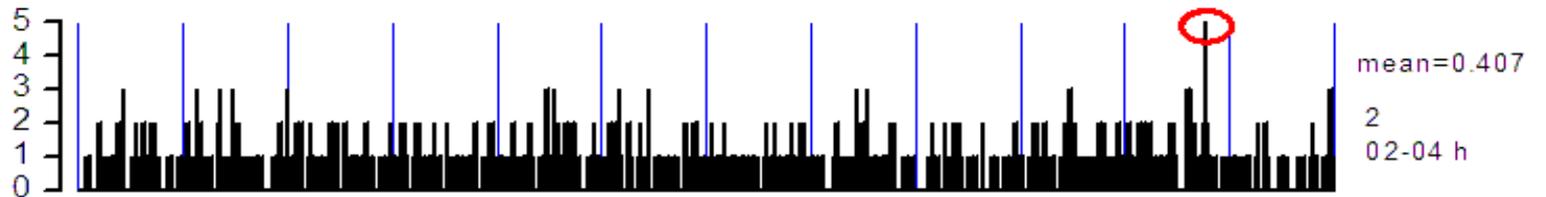
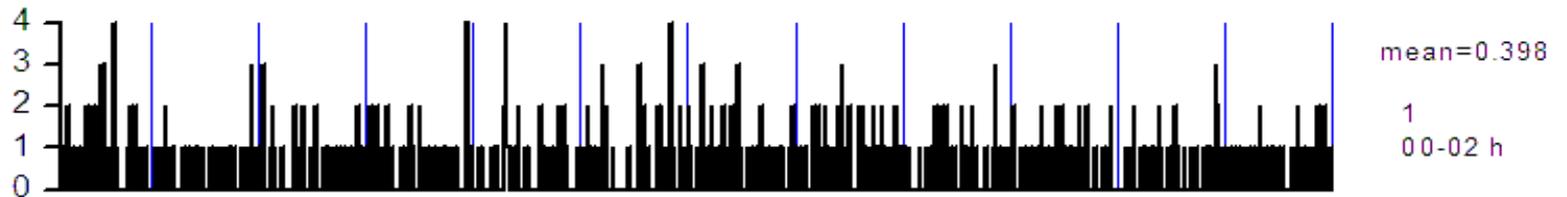
### По результату кластерного анализа

эн-детекторы (БНО, 1 мин) -  $N_f < 65$  нейтрон / (кв.метр \* 1 удар молнии) **99.9% д.у.**

- \* Пожелание: анализ информации, получаемой на нейтронных мониторах желательно проводить с учётом идентичности поведения вариации темпа счёта на индивидуальных счётчиках. Впрочем, это пожелание применимо к любым установкам модульного типа.



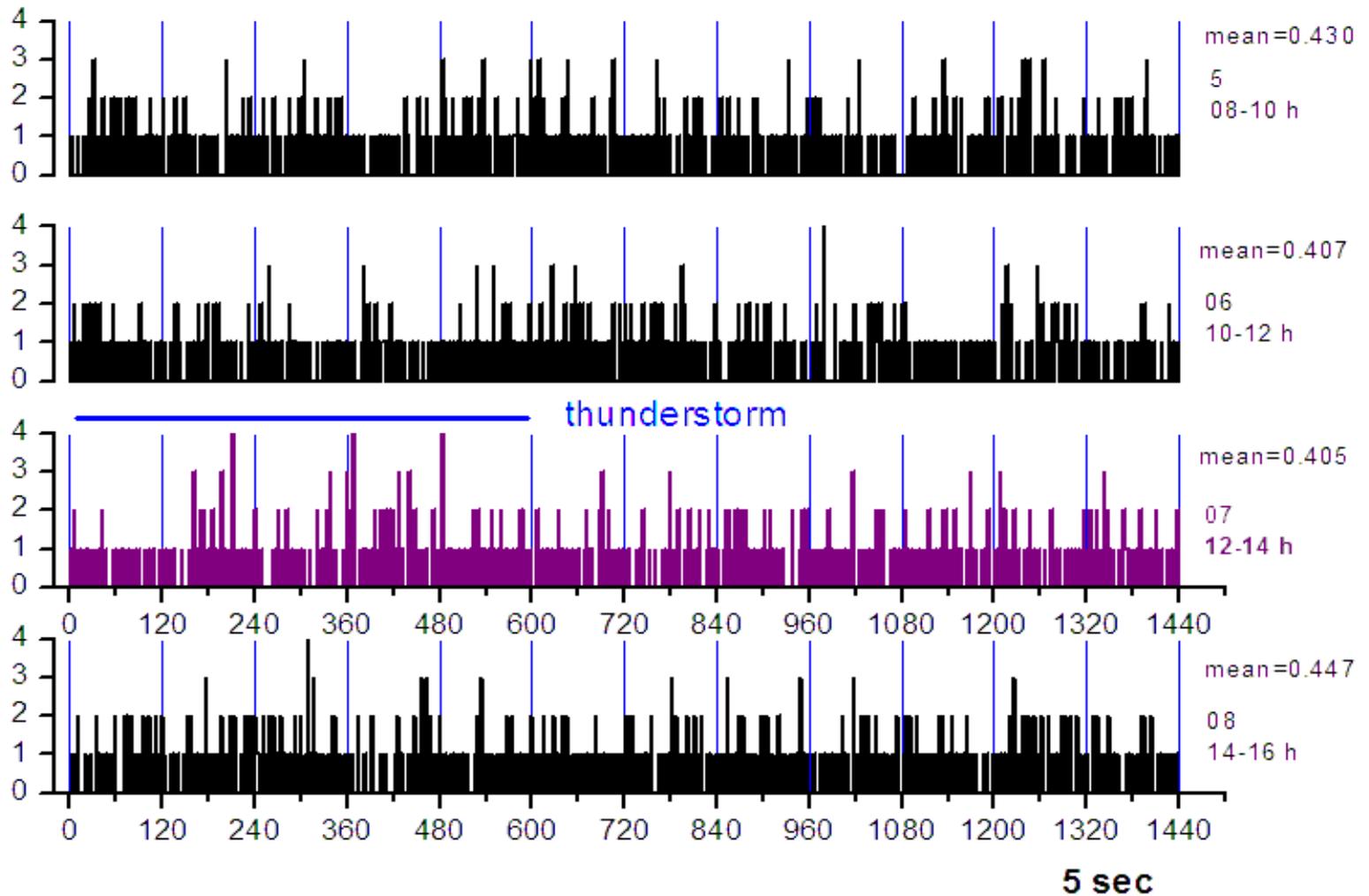
n-BNO thunderstorm 17/07/14 00-08 hour 5 sec bins



08.08.2014 13:00:58

5 sec

n-BNO thunderstorm 17/07/14 08-16 hour 5 sec bins



n-BNO thunderstorm 17/07/14 16-24 hour 5 sec bins

