



Международная Байкальская молодежная научная школа по  
фундаментальной физике  
**"ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В КОСМОСЕ И ОКОЛОЗЕМНОЙ  
СРЕДЕ"**

XVII Конференция молодых ученых  
**"Взаимодействие полей и излучения с веществом"**

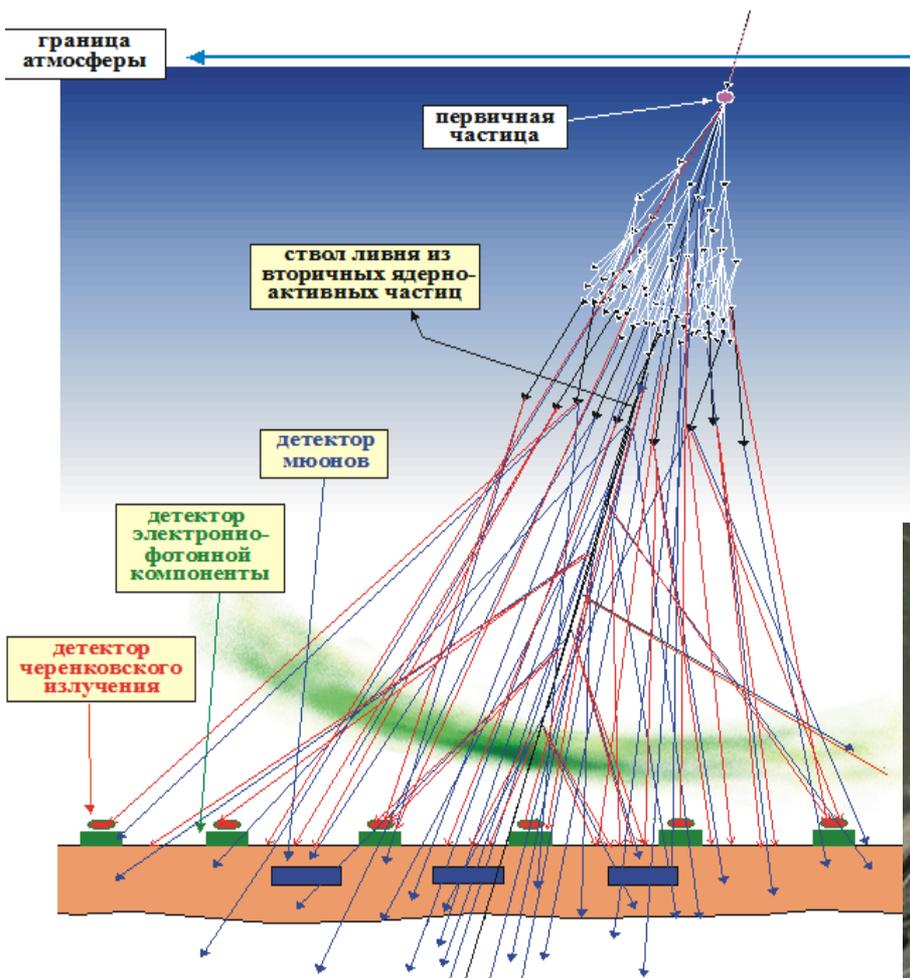
**ПРОДОЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ШИРОКОГО  
АТМОСФЕРНОГО ЛИВНЯ  
№ 39442 ОТ 29 НОЯБРЯ 2013 ГОДА**

**Мохначевская В.П., Кнуренко С.П.**

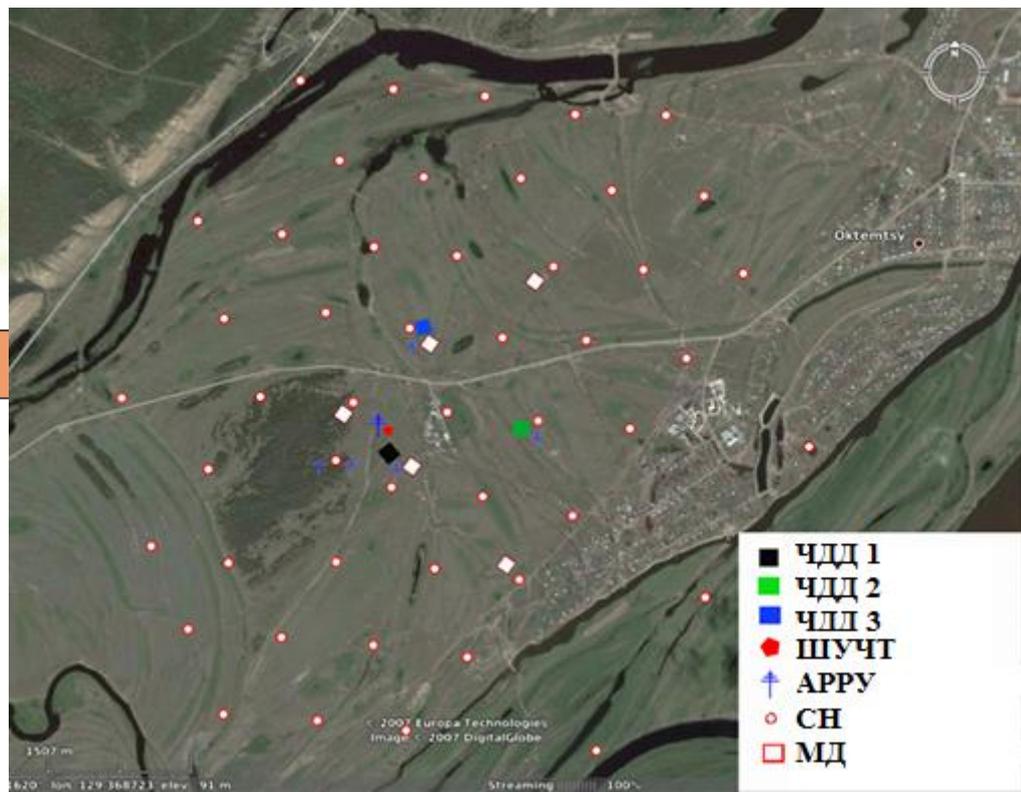
**Институт космических исследований и аэронавтики  
имени Ю.Г. Шафера СО РАН**



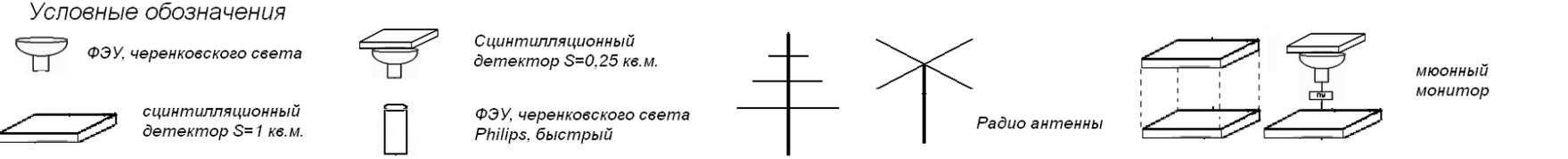
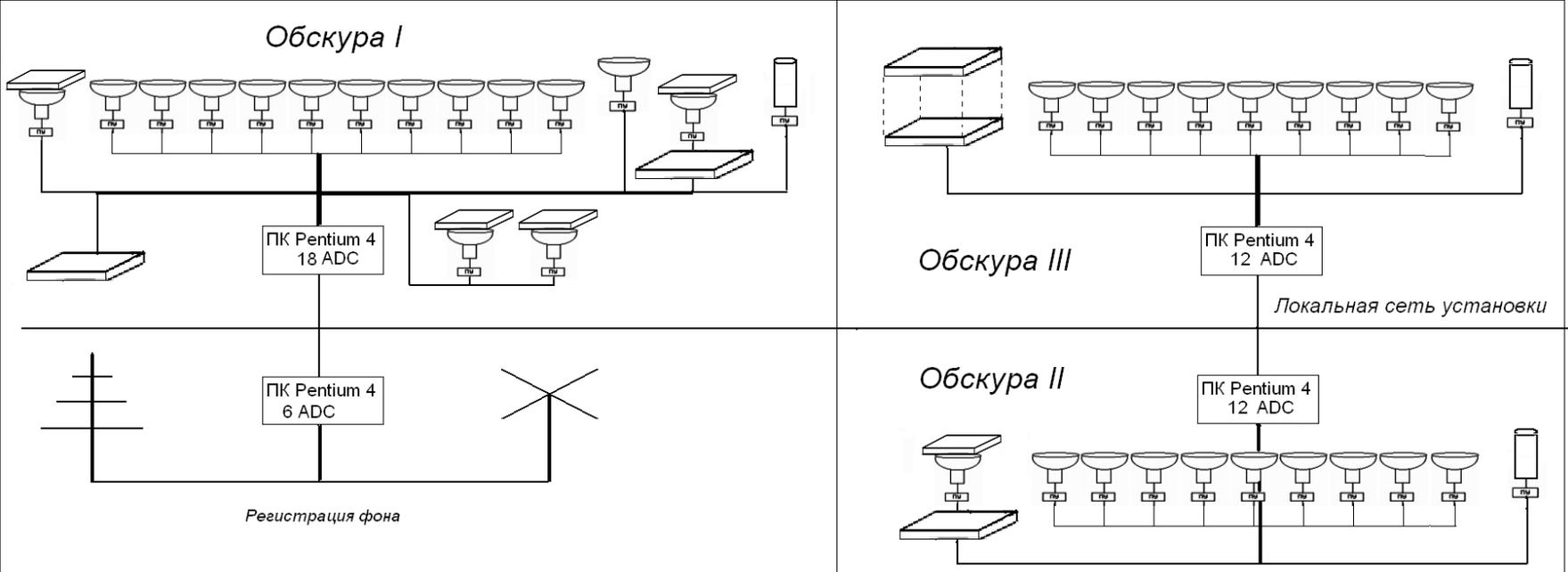
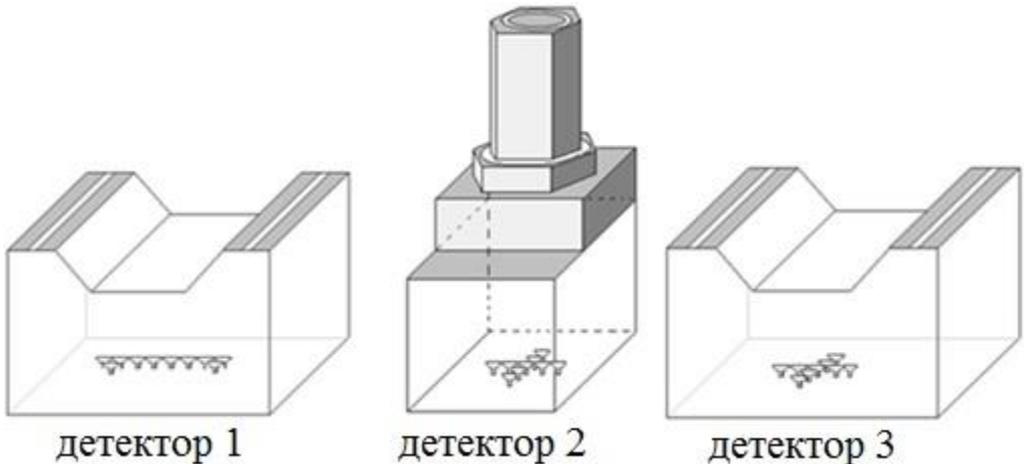
## Схема развития ШАЛ

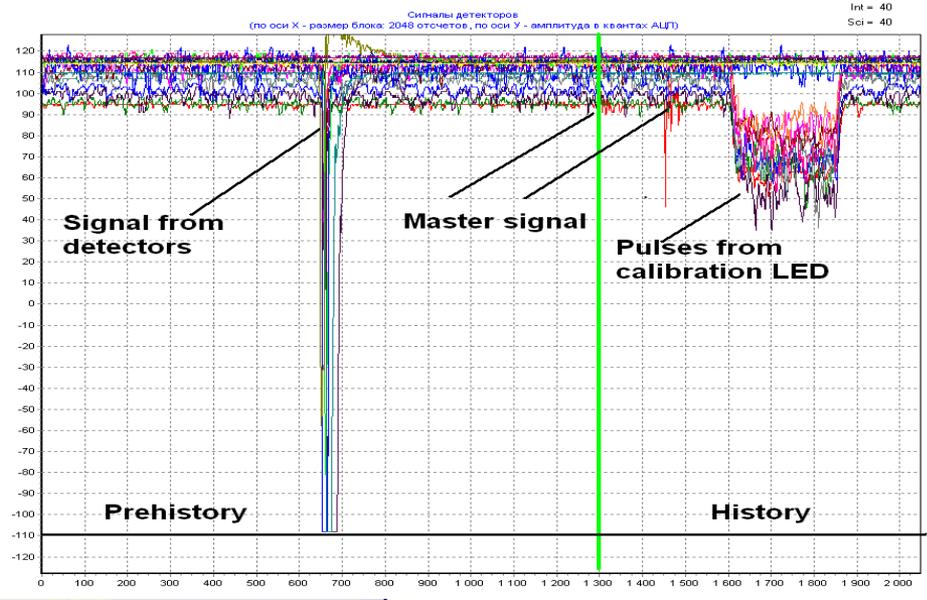
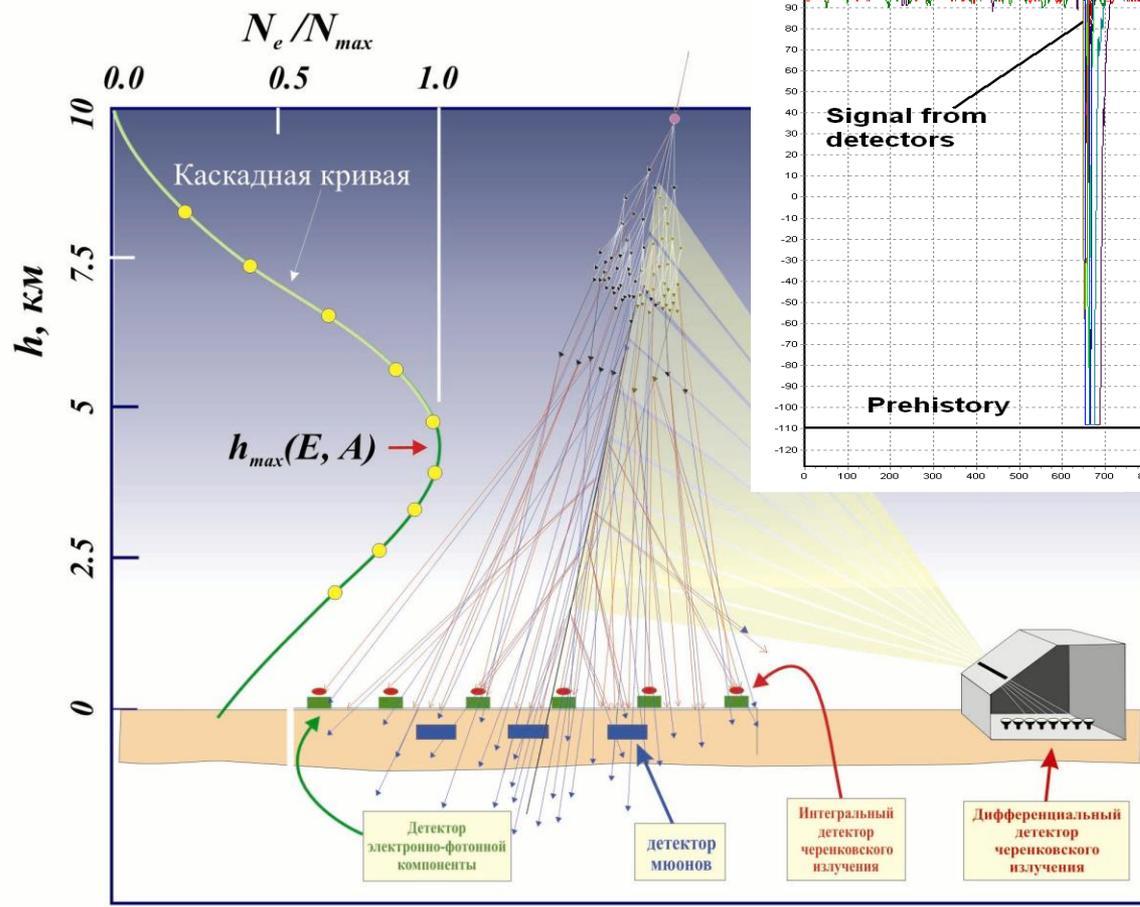


Якутская комплексная установка ШАЛ работает с 1974 года. На ЯКУШАЛ реализовано одновременное измерение почти всех основных главных компонент ливня: мюонов, электронов, фотонов, черенковского и радиоизлучения ШАЛ.



ЧДД состоят из темной камеры, линейки ФЭУ, чувствительных в области длин волн 350 – 750нм, электронной системы согласования всех приемных устройств с центральным регистратором, принимающим сигналы от трех пунктов наблюдения.



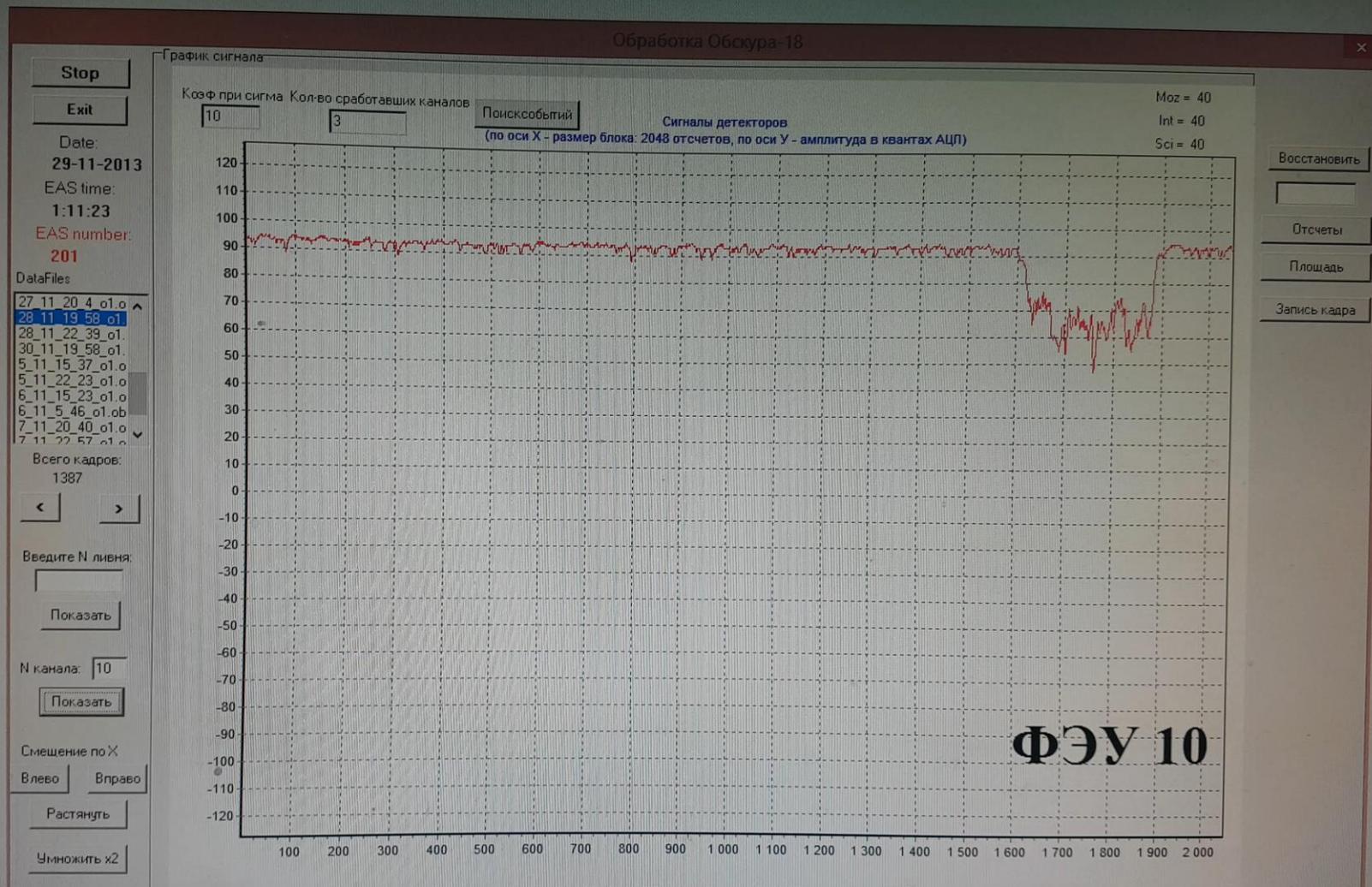


Особенность работы ЧДД состоит в том, что детектор дает возможность получить информацию о количестве фотонов, приходящих с различных высот в атмосфере.



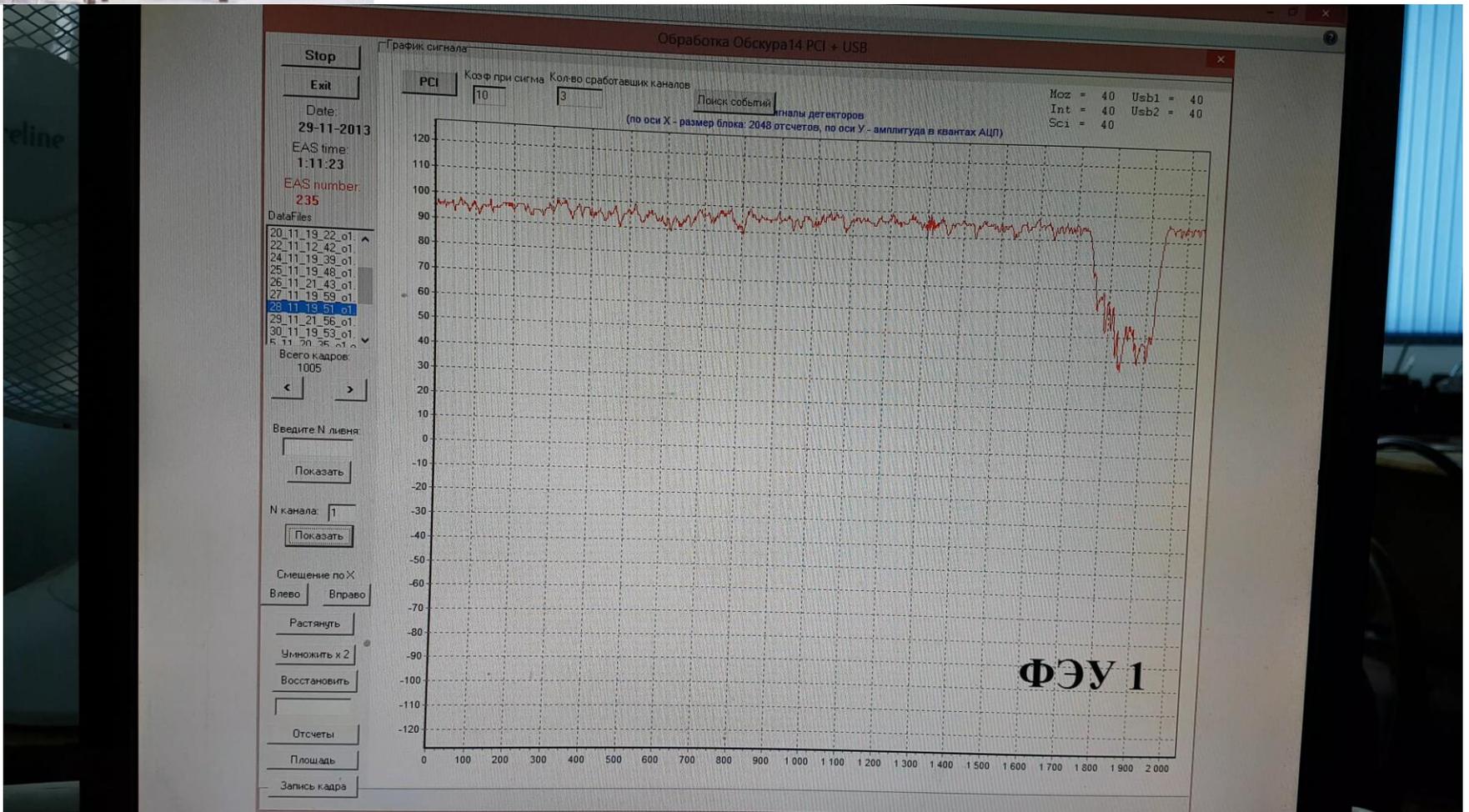


# ЧДД 1



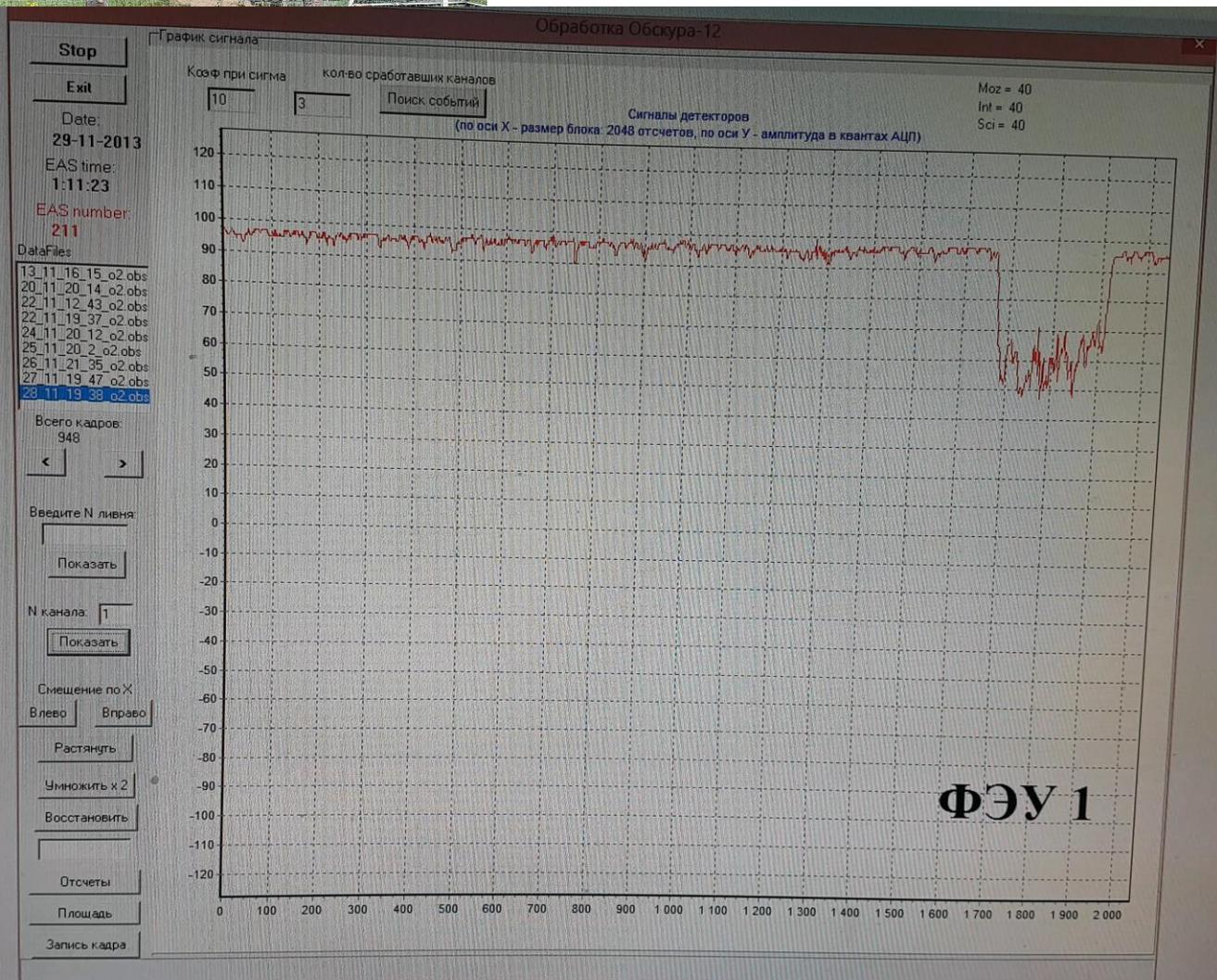


# ЧДД 2



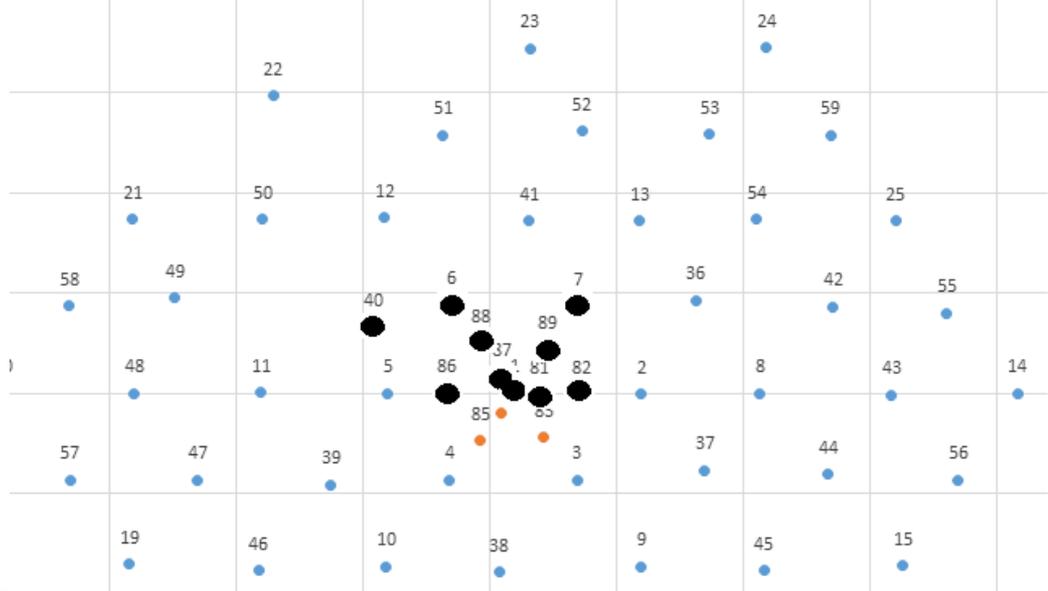


# ЧДД 3

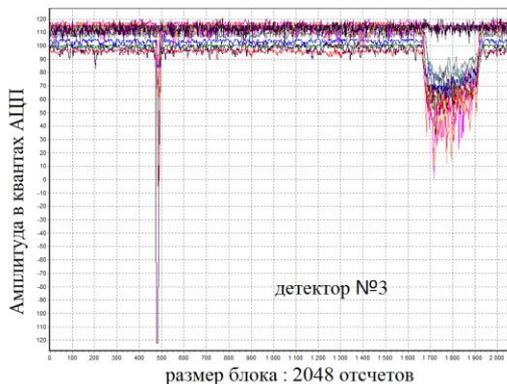
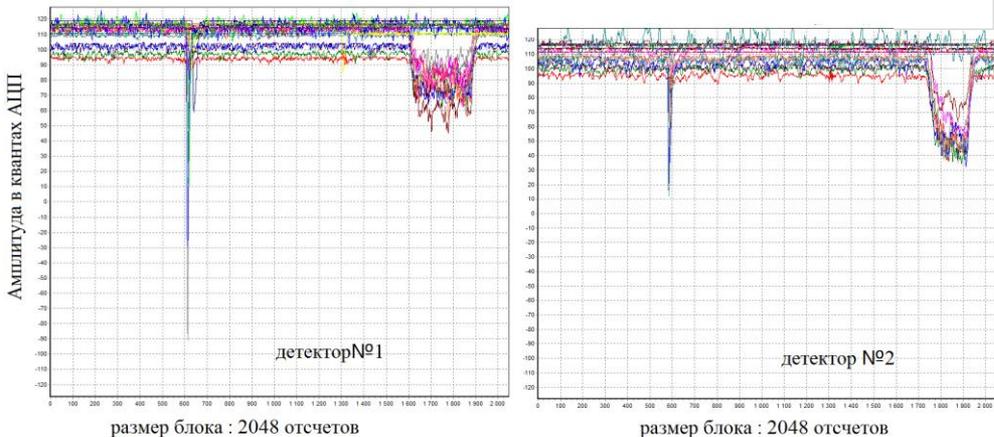


№39442

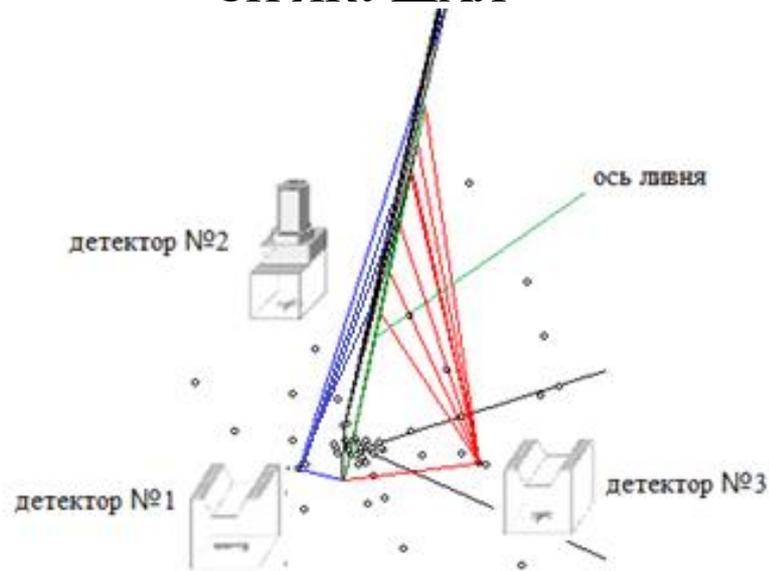
детектор1-6ФЭУ  $x_o = -259м, y_o = 204м,$   
детектор2-8ФЭУ  $\theta = 20.4^\circ$  и  $\varphi = 110.9^\circ.$   
детектор3-7ФЭУ.  $E_o = 4.27 * 10^{17} эВ$



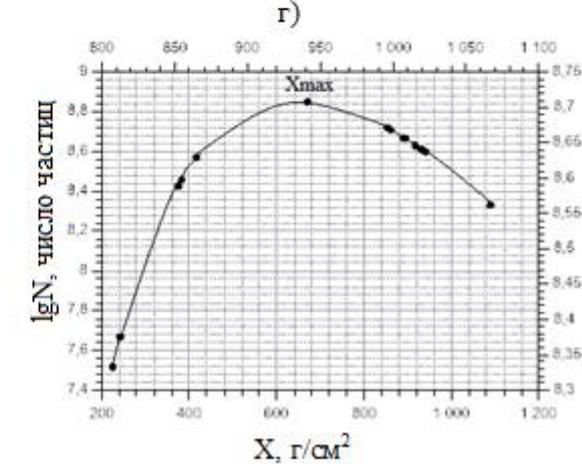
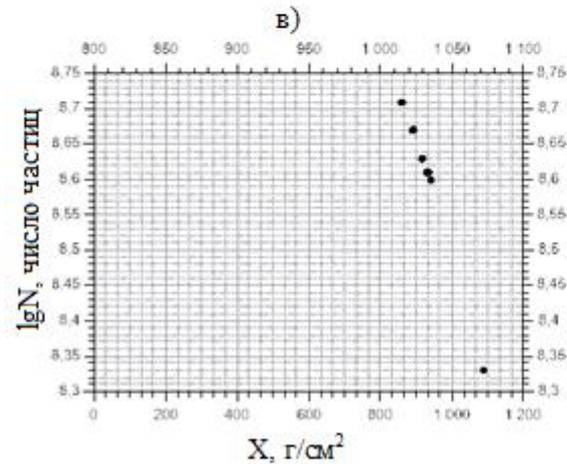
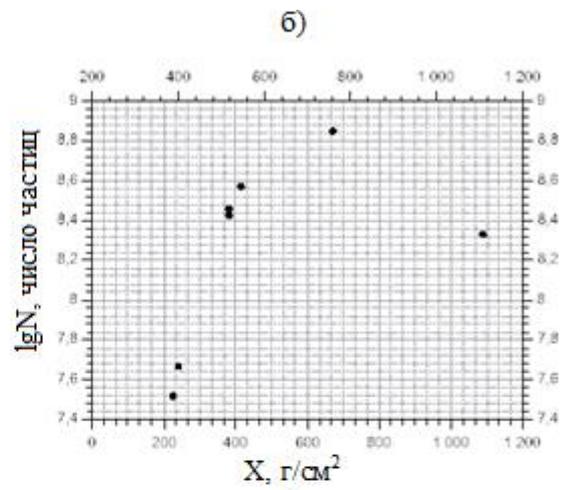
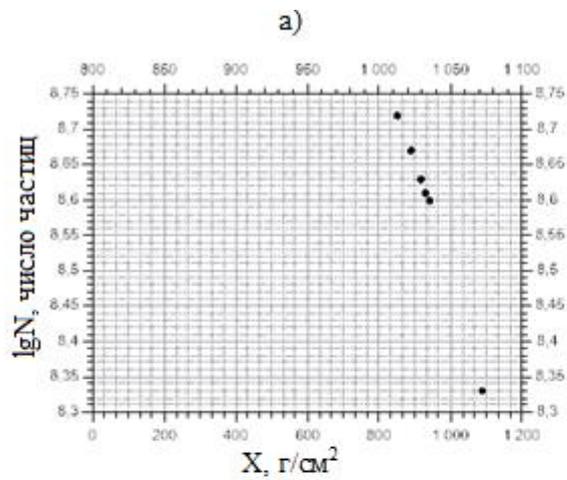
### Распечатка ливневого события №39442



### СН ЯКУШАЛ



Оценка  $H$ -высоты каждого ФЭУ мозаики для трех ЧДД ливневого события №39442



$$E_0 = 4.27 \cdot 10^{17} \text{ эВ}$$

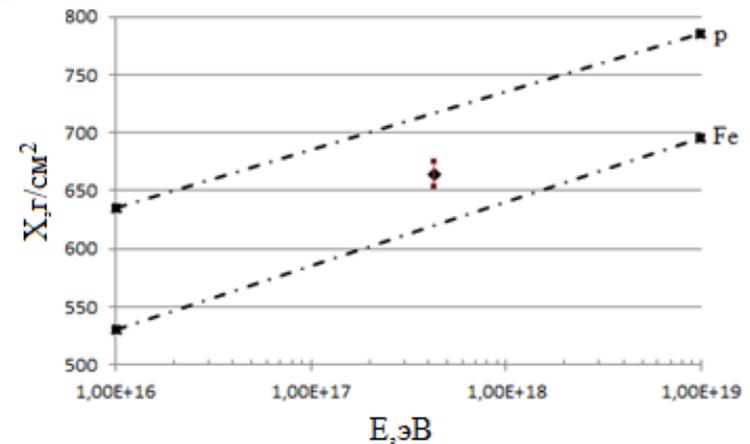
$$X_{max} = 664 \pm 10 \text{ г/см}^2$$

Сравнение полученного  $X_{max}$  с расчетами по модели *QGSJETII-04*, выполненными для первичного протона и ядра железа, показали, что величина  $X_{max} = 664 \pm 10 \text{ г/см}^2$  согласно модели, не противоречат выводу о том, что ливень образован ядром средней массы, типа CNO

Зависимость числа фотонов  $N(x)$  в каждом фотоумножителе мозаики от глубины  $X$ :

а) детектор №1, б) детектор №2,  
в) детектор №3, г) детекторы №1,2,3

Зависимость глубины максимума развития ливня от энергии



## **Выводы:**

- 1. Экспериментом на Якутской установке было показано, что благодаря наблюдениям черенковского света ШАЛ с использованием трех ЧДД можно прямым способом восстановить продольное развитие события ШАЛ в области сверхвысоких энергий.**
- 2. Максимум развития данного ливневого события № 39442 с энергией  $E_0=4.27 \cdot 10^{17}$  эВ находится на глубине атмосферы  $X_{max}=664 \pm 10$  г/см<sup>2</sup> и образован ядром средней массы, типа CNO**
- 3. В настоящее время проводится дополнительная обработка ливней, что значительно расширит статистику ливневых событий, также на Якутской установке продолжается модернизация, которая улучшить точность координат оси ливней и углов прихода**

**Спасибо за внимание!**