

# Установка СФЕРА-2 для регистрации черенковского света ШАЛ.

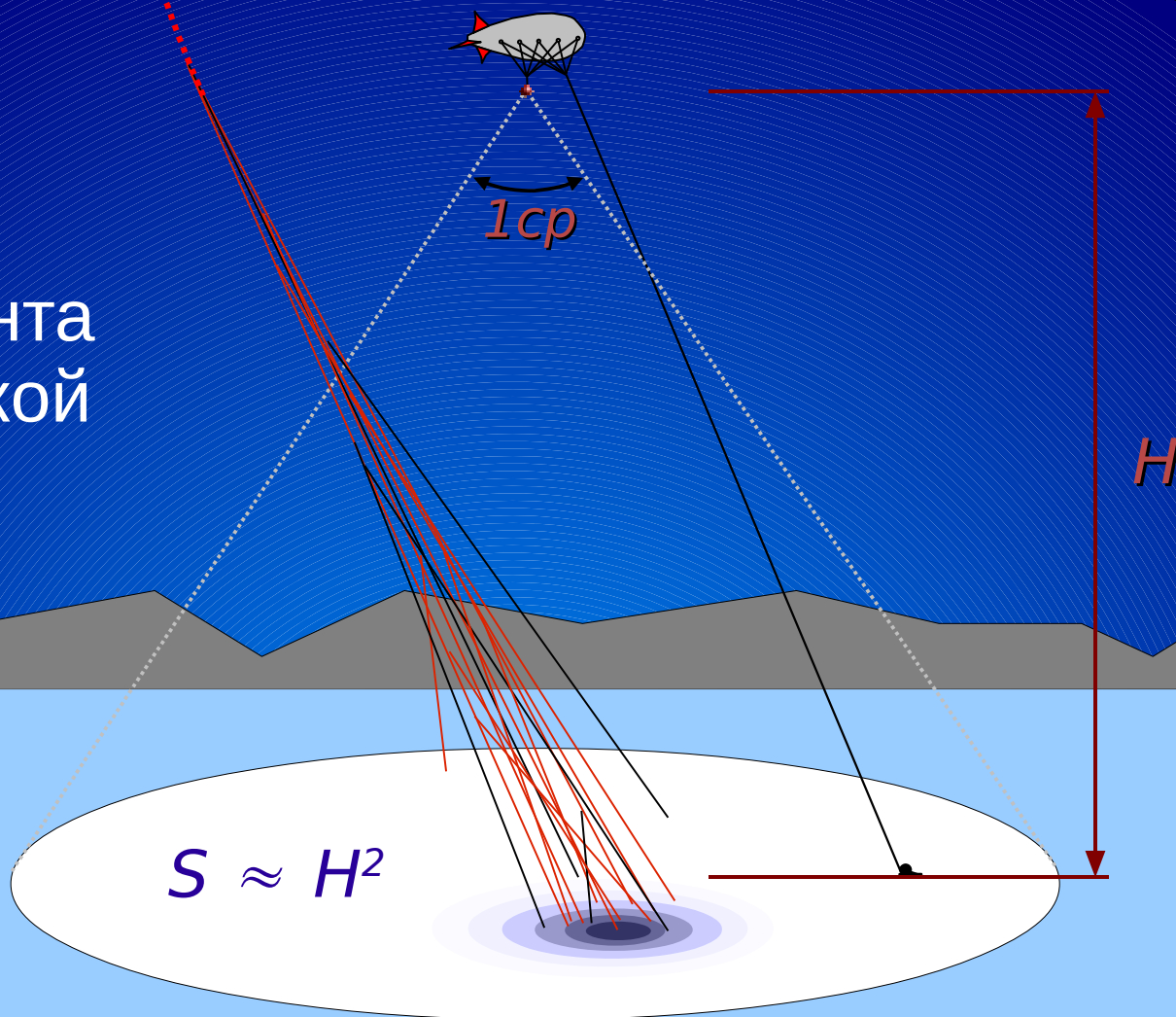
*Новый метод - новые возможности.*



Дмитрий Чернов,  
НИИЯФ МГУ

<http://sphere.sinp.msu.ru/>

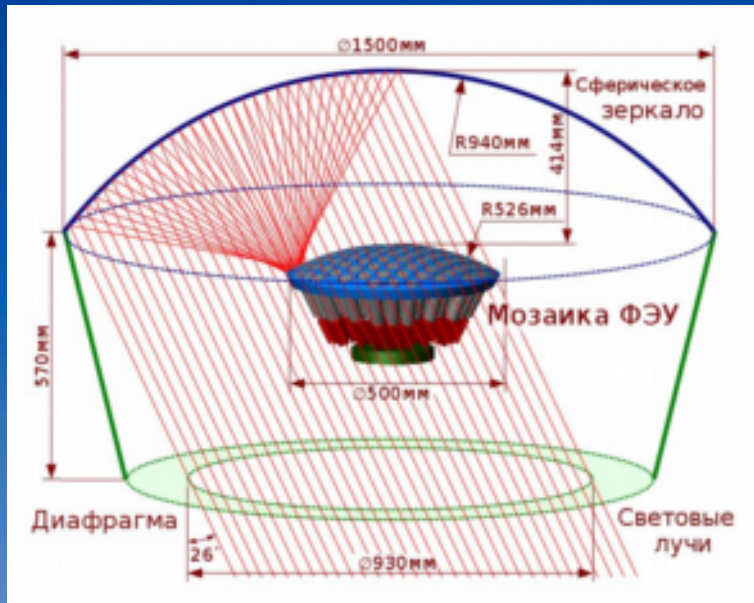
Схема  
эксперимента  
с установкой  
СФЕРА-2



# Место проведения эксперимента



Пробный запуск с эквивалентной нагрузкой для регулировки угла ветровой атаки аэростата.



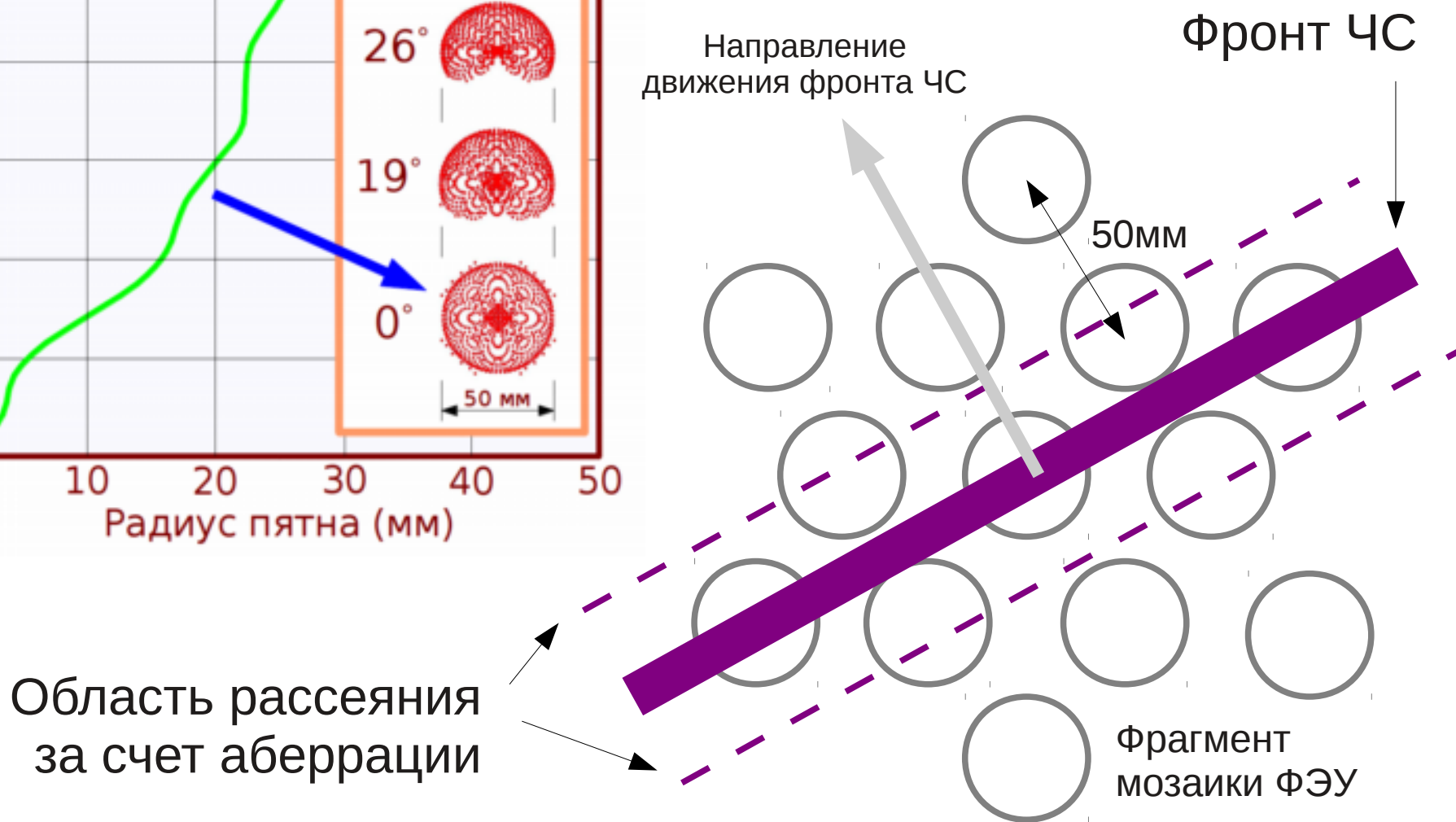
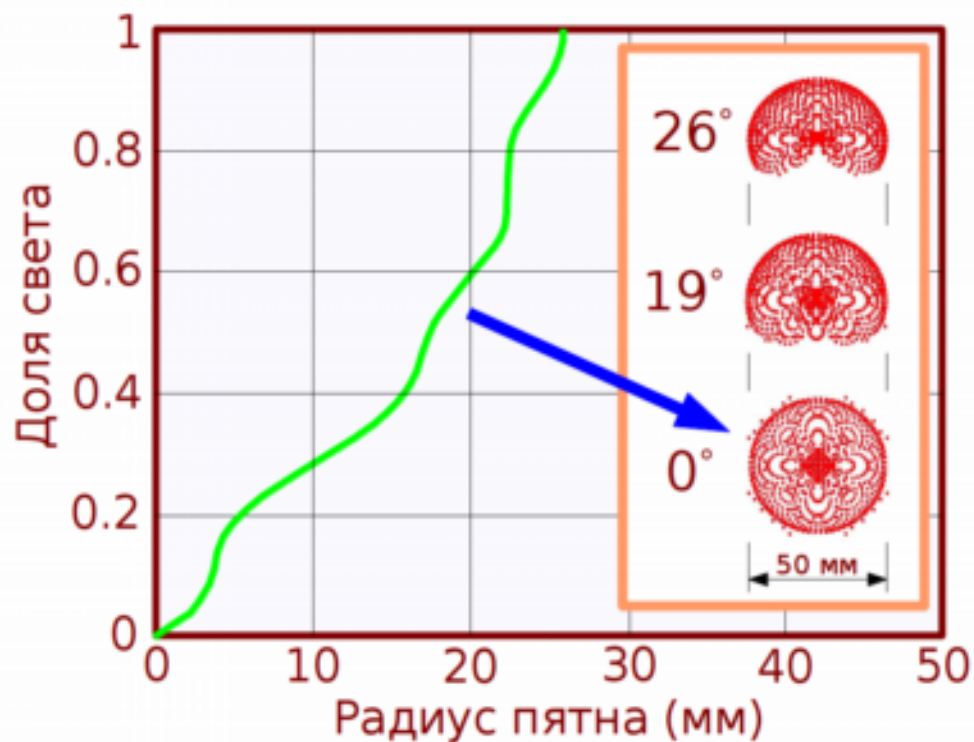
Оптическая схема детектора

Аэростат БАПА  
250 м<sup>3</sup>

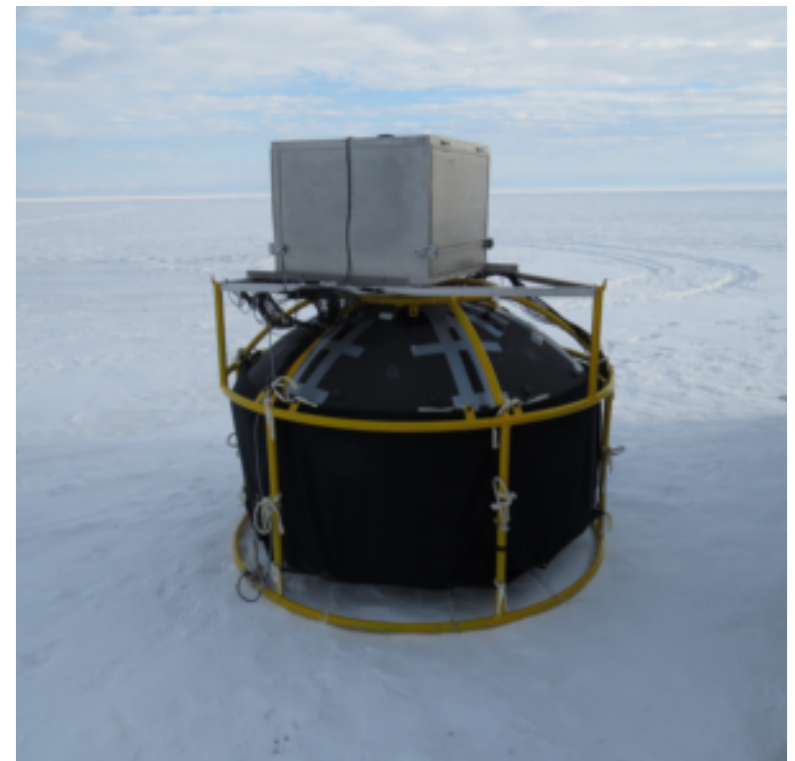
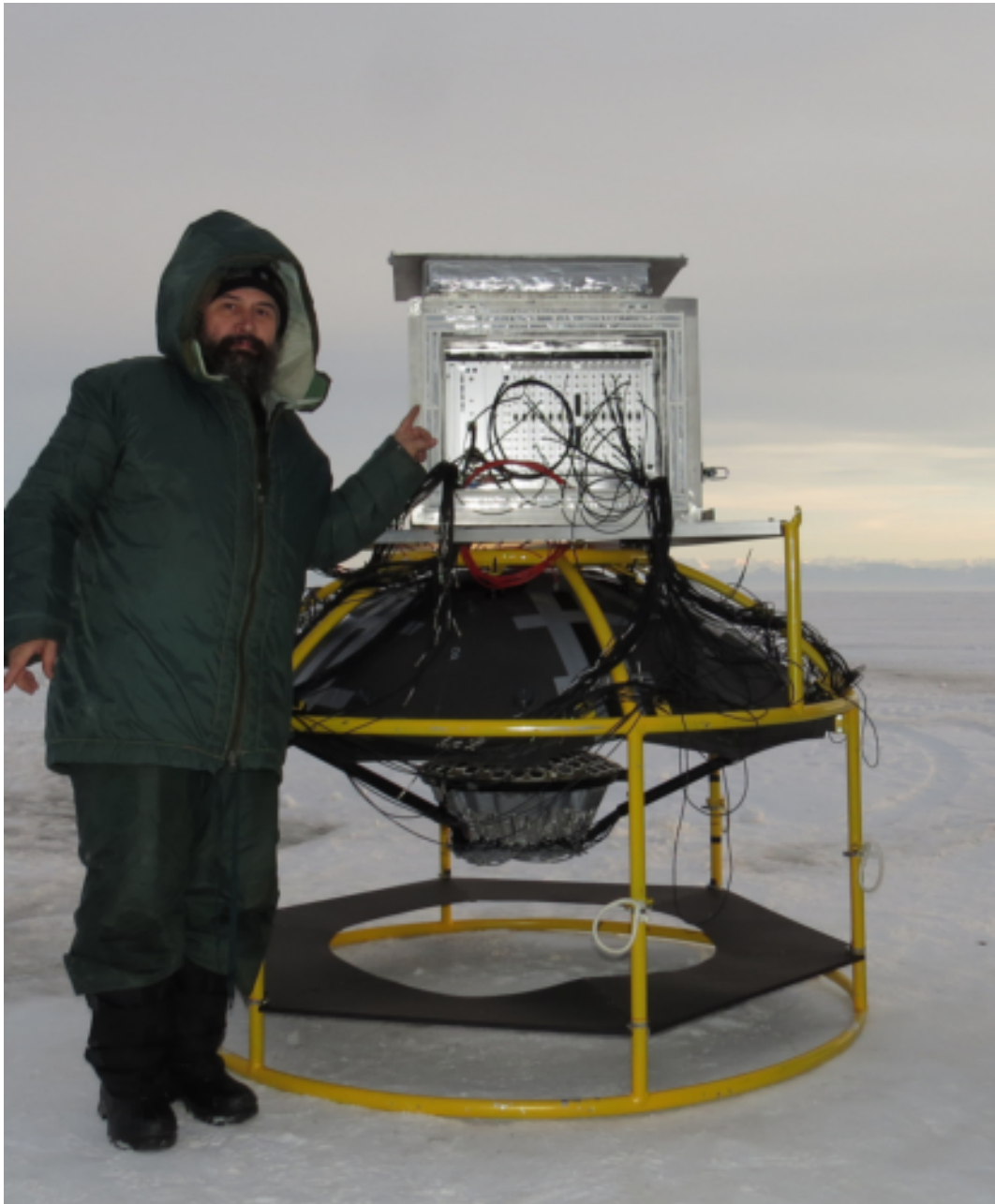


Оборудование стартовой площадки

# Светосбор оптической системы



# Сборка установки СФЕРА-2

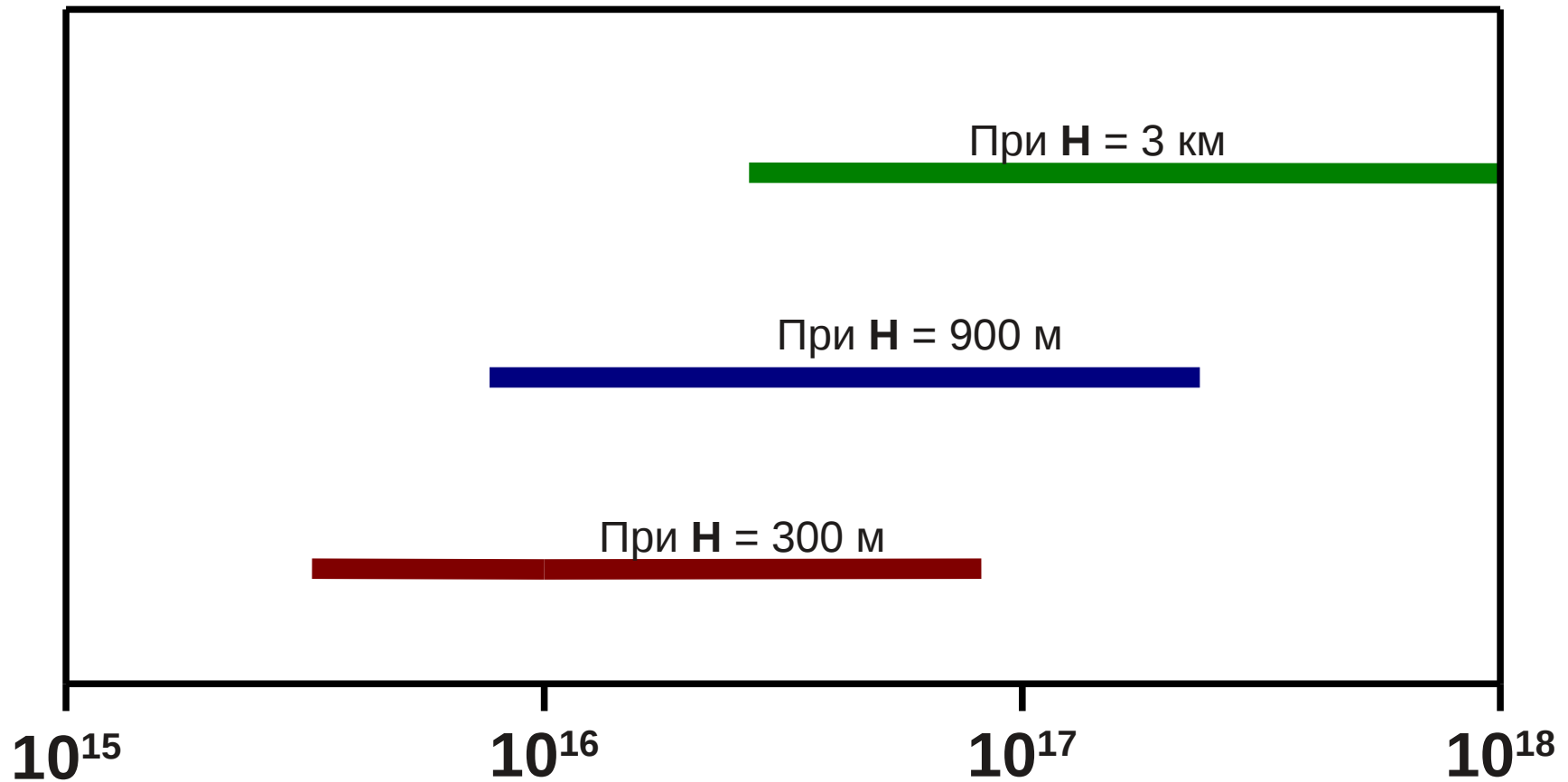


Установка в сборе

# Текущий статус проекта СФЕРА

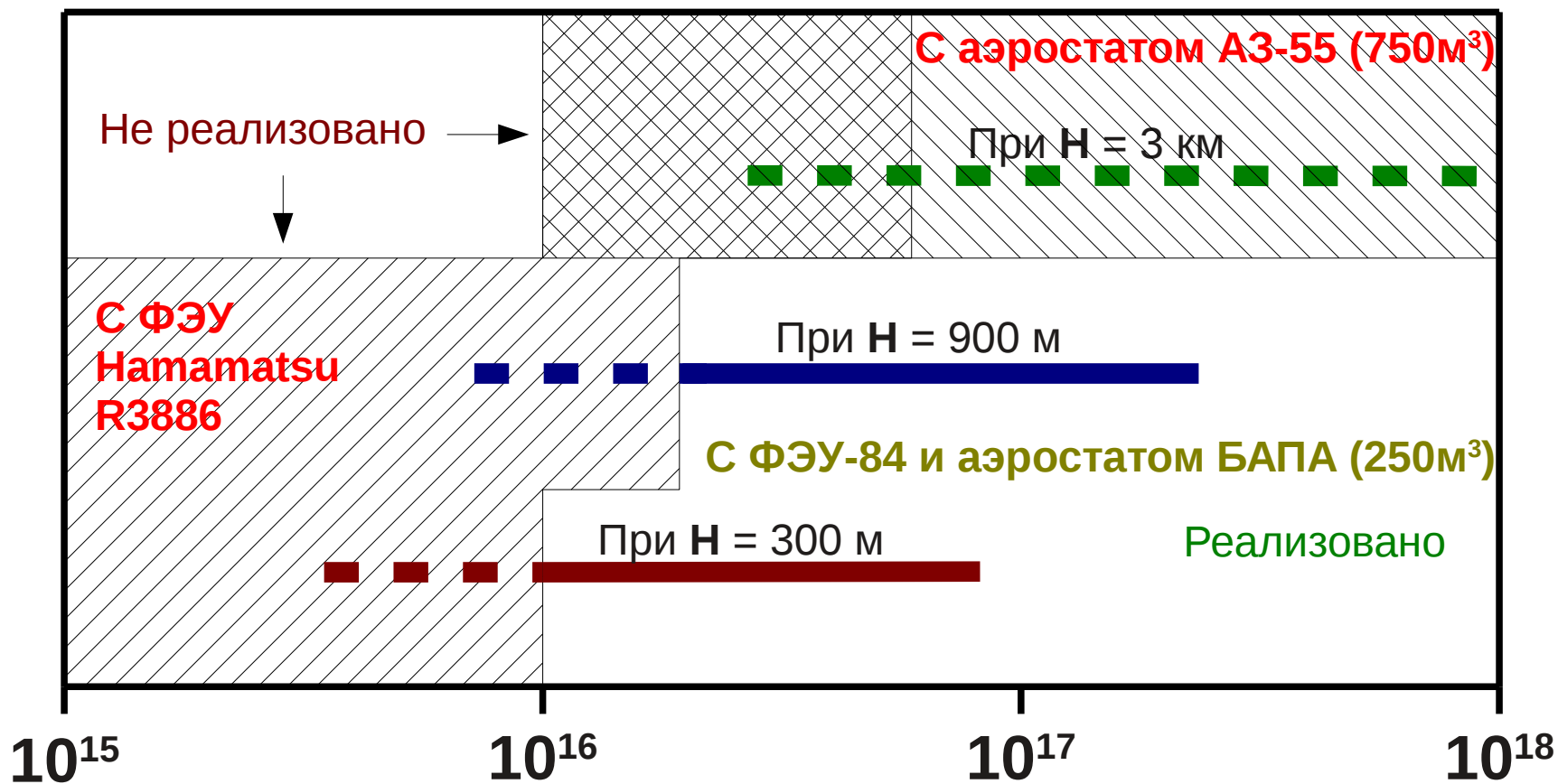
- Этап проведения измерений с установкой СФЕРА-2 завершен
- Продолжается обработка экспериментальных данных для определения предела чувствительности к составу ПКЛ (до конца 2015 года)
- Начата разработка новой установки

# Начальный план проведения измерений с установкой СФЕРА-2





# Проведенные измерения с установкой СФЕРА-2



# Общий результат проведенных экспедиций за 6 лет

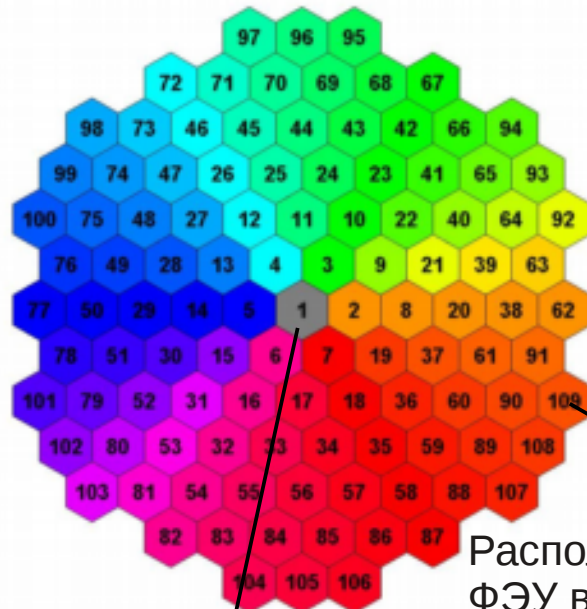
Год	Общее время (час:мин)	Всего триггеров	Событий от ШАЛ	ФЭУ в мозаике
2008	1:30		1	20
2009	11:00		0 из-за сбоя в питании мозаики восстановление событий невозможно	64
2010	29:10	1343	36	95
2011	33:03	20542	220	95
2012	31:12	7716	364	109
2013	33:17	3813	459	109
	<b>139:12</b>	33414	<b>1080</b>	

12.8 $\mu$ S

Светодиодный синхроимпульс

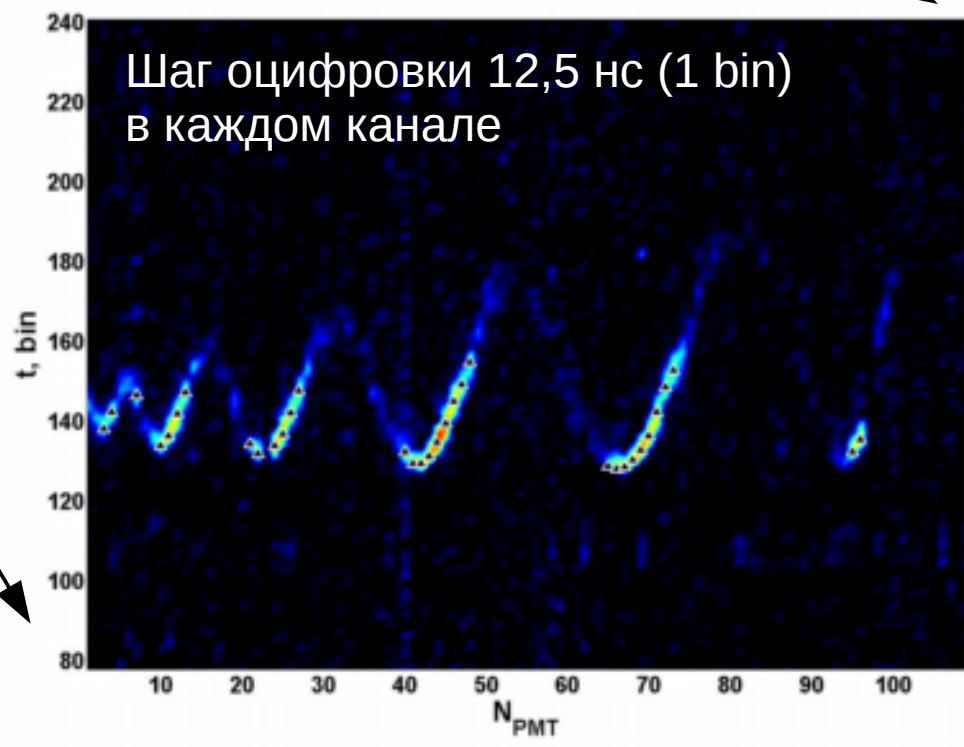
Черенковский сигнал от ШАЛ

0 $\mu$ S

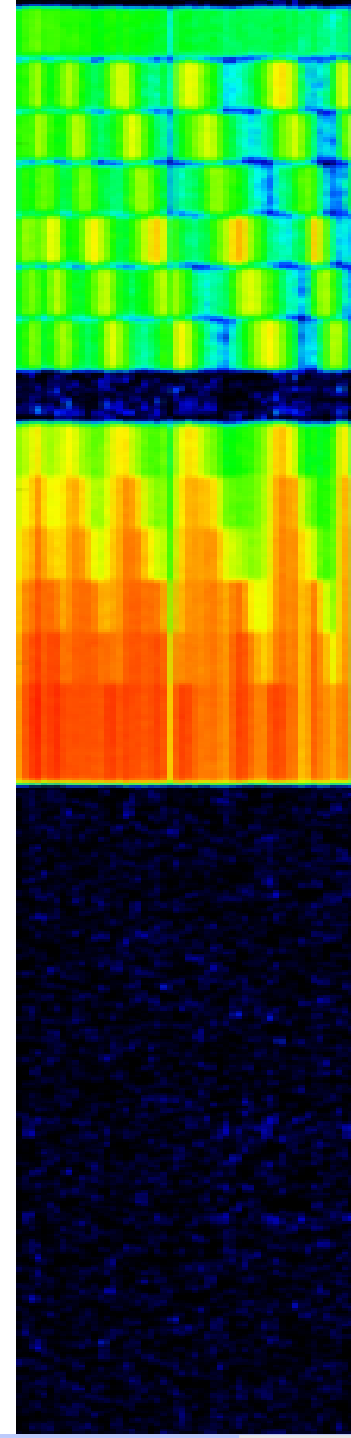


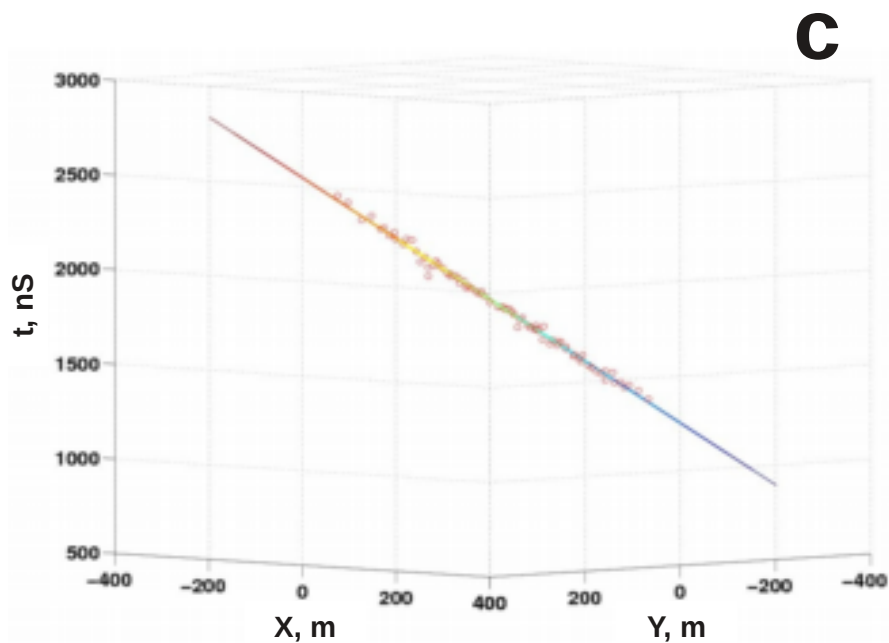
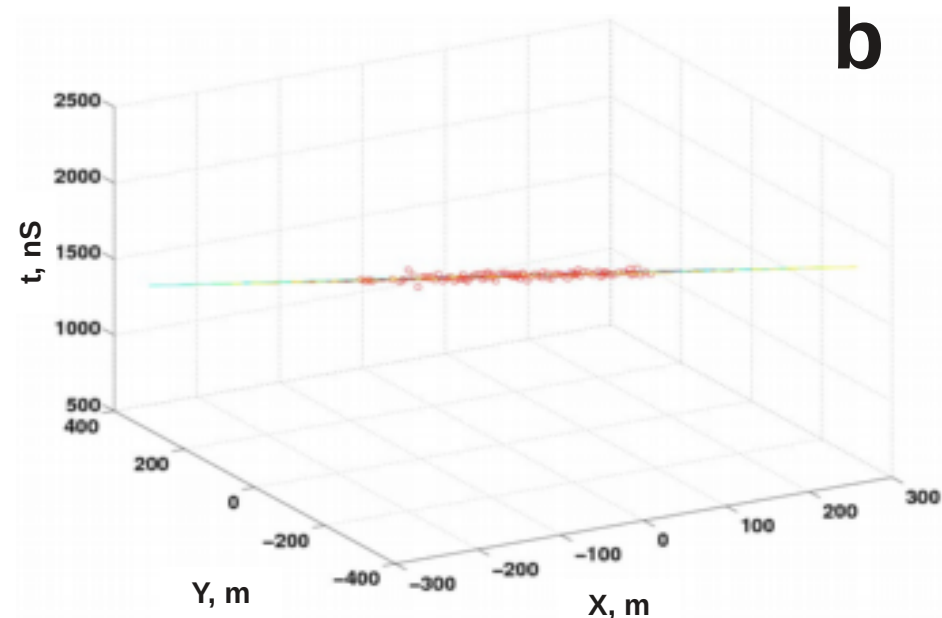
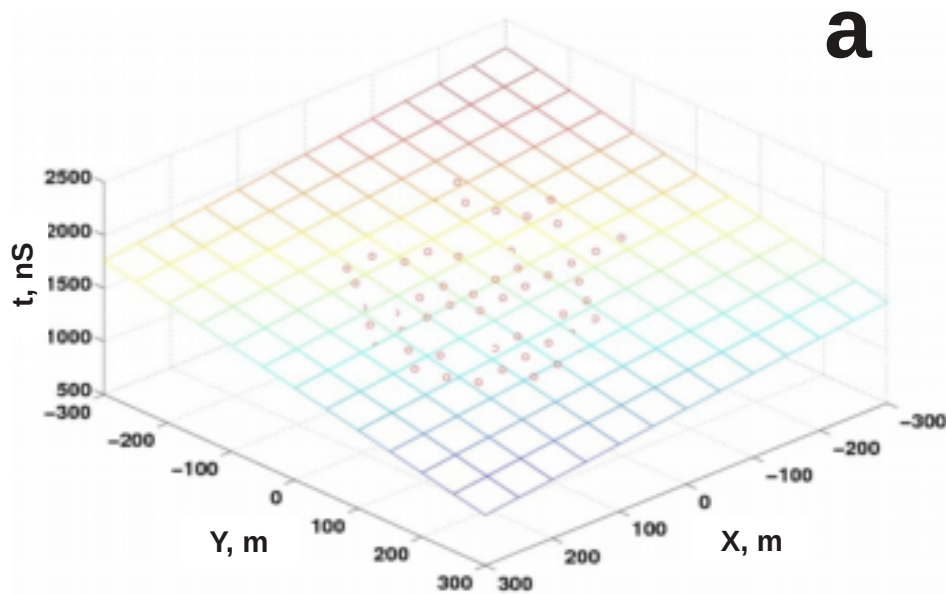
Расположение ФЭУ в мозаике

# Регистрация событий и система калибровки



Через ~5мкс после события подаются светодиодные импульсы для калибровки чувствительности ФЭУ в мозаике

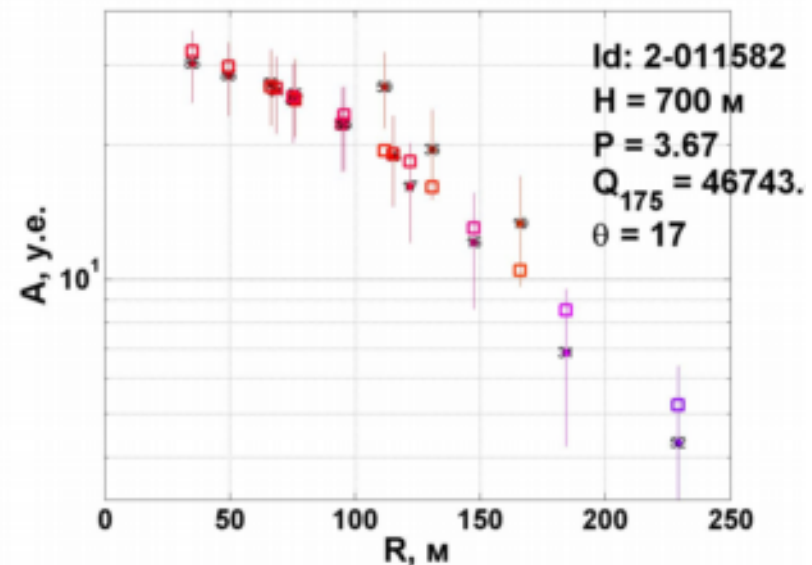
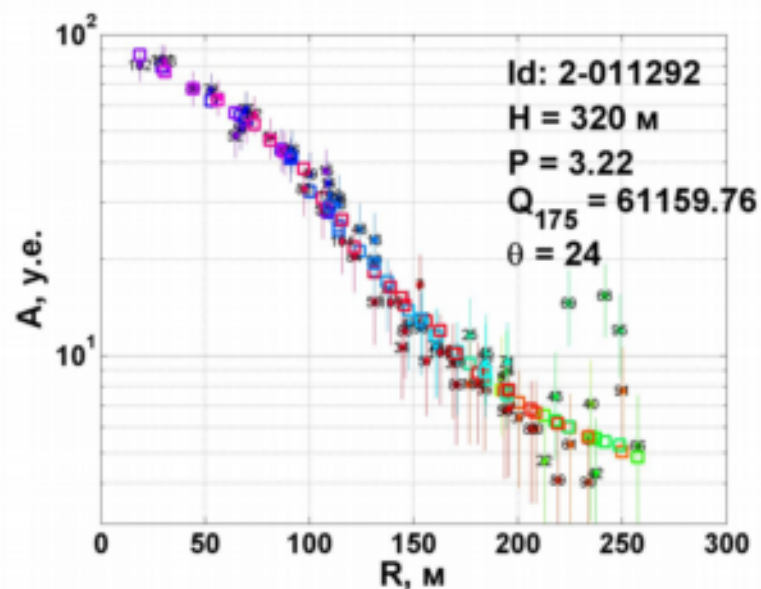
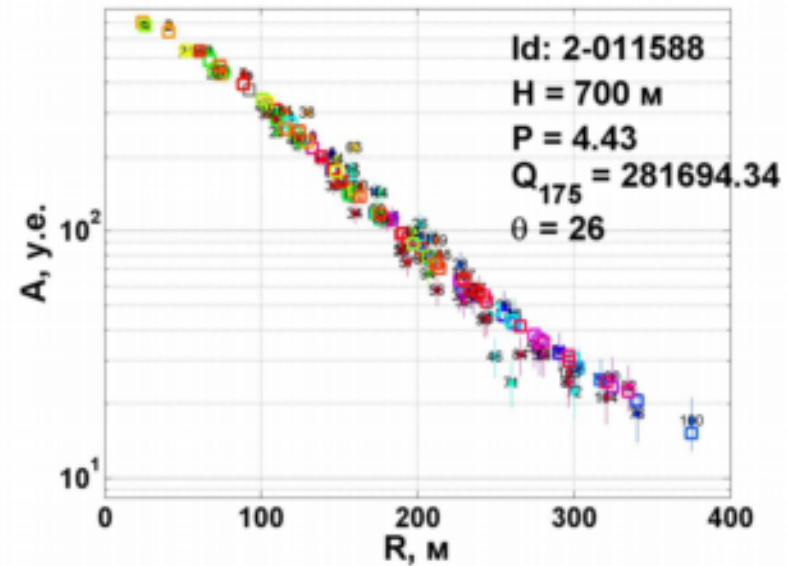
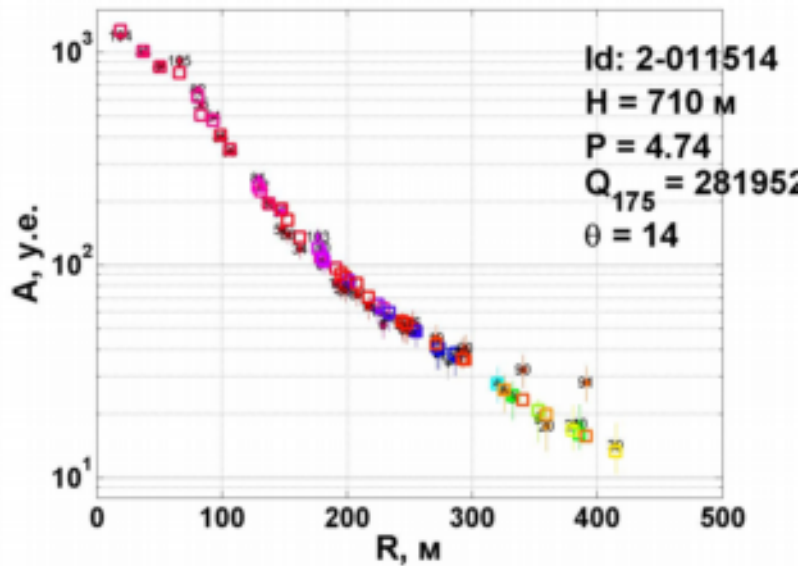




**Восстановление угла наклона  
оси ШАЛ относительно снежной  
поверхности выполняется в  
предположении плоского  
фронта прихода  
черенковского света.**

а, б, с – различные проекции одного  
экспериментального события.

# Примеры экспериментальных ФПР по данным экспедиции 2013 года

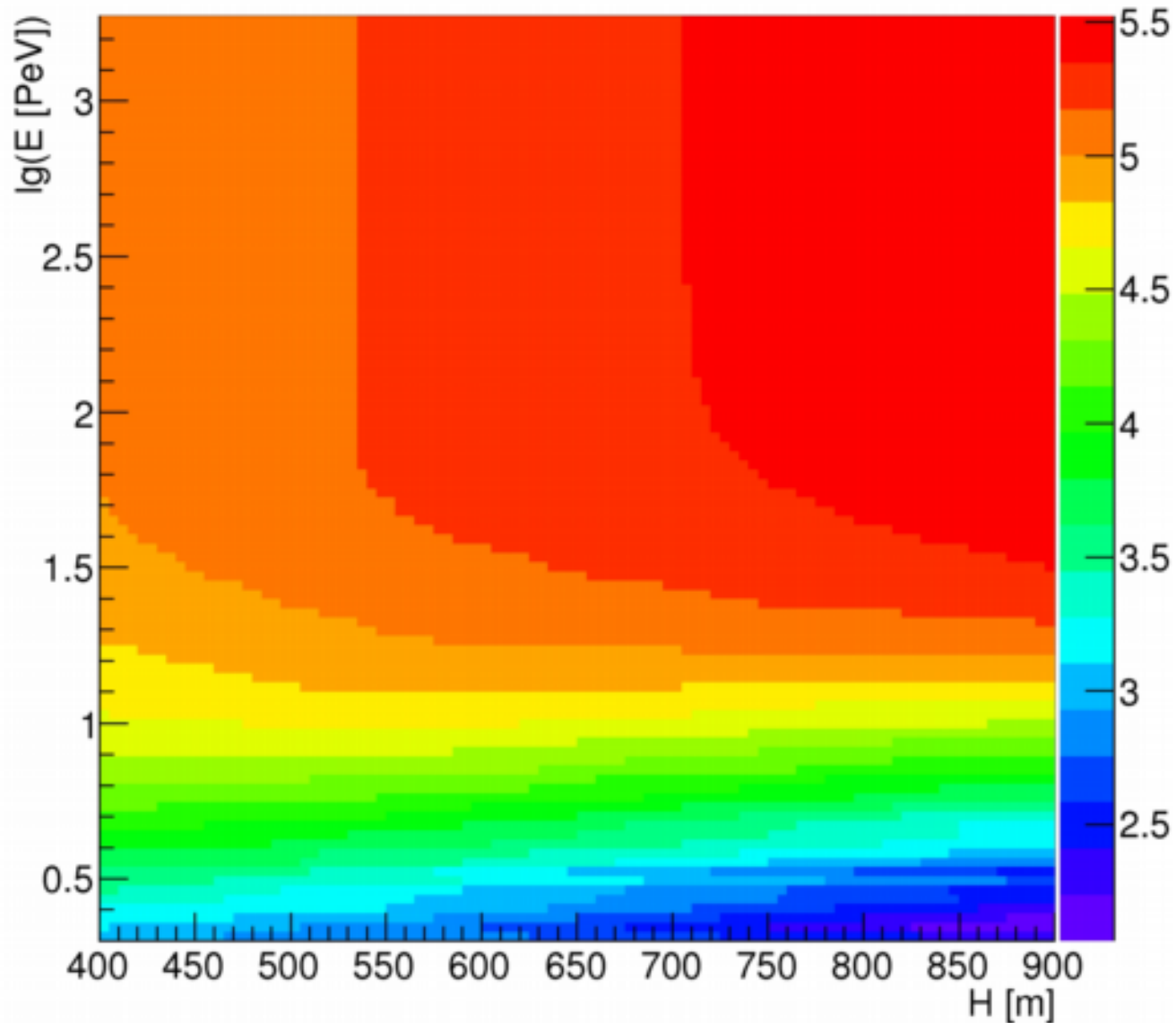


# Спектр ПКЛ

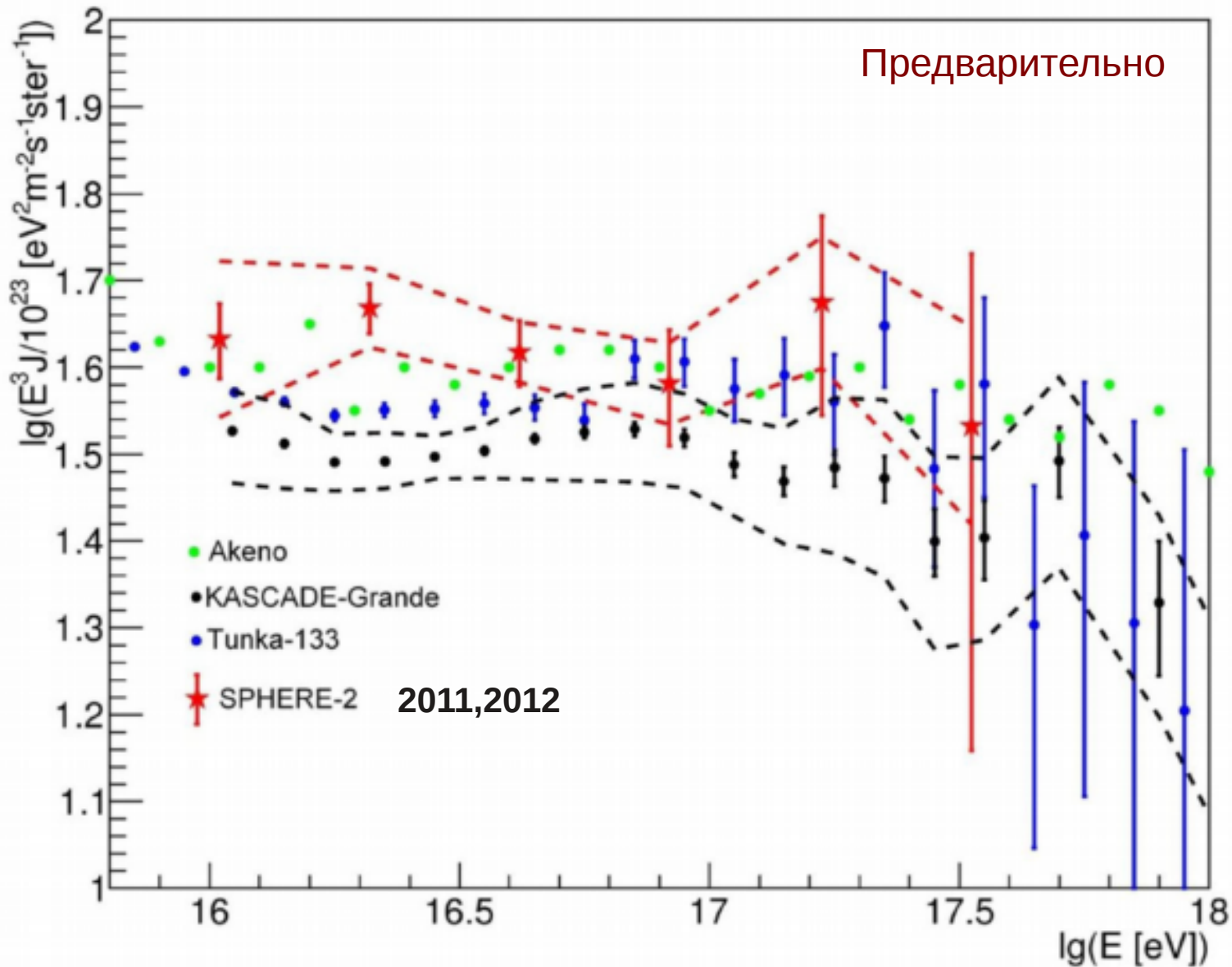


# Геометрический фактор в зависимости от высоты и первичной энергии ( $p, 0-20^\circ, QGSJET-I$ )

$\lg(S), \text{ m}^2 \text{ sr}$



# Энергетический спектр ПКЛ

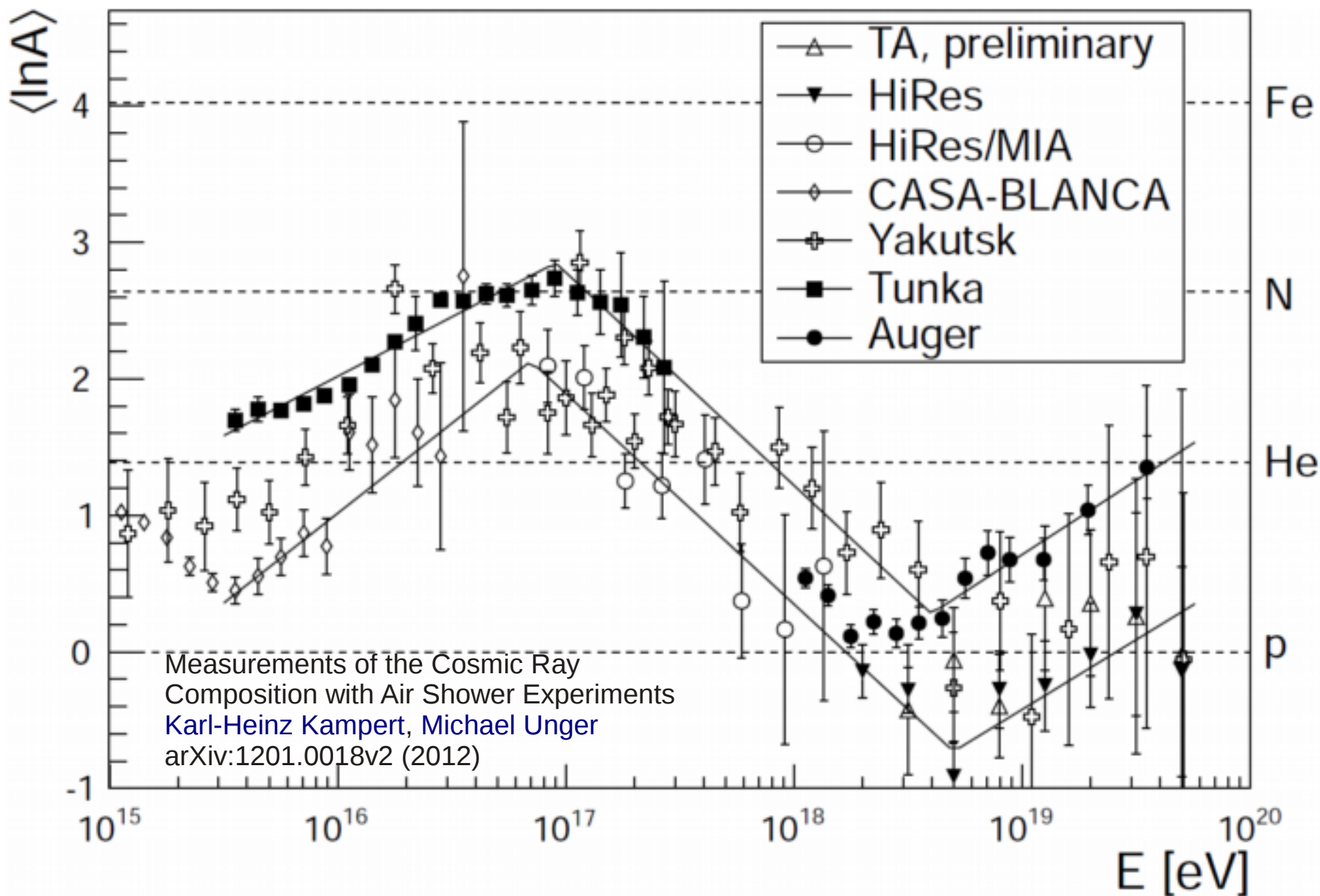




# Оценка состава ПКЛ

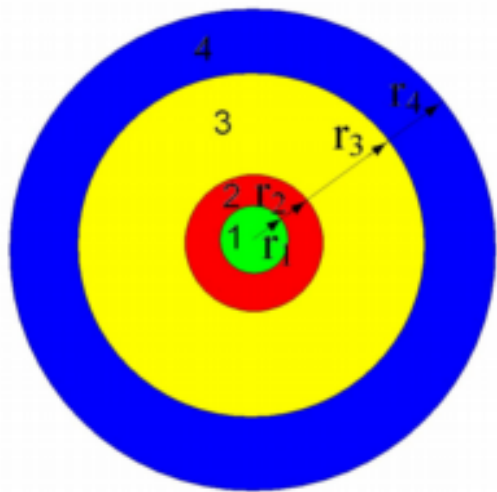


# Оценка состава ПКЛ по данным экспериментальных установок



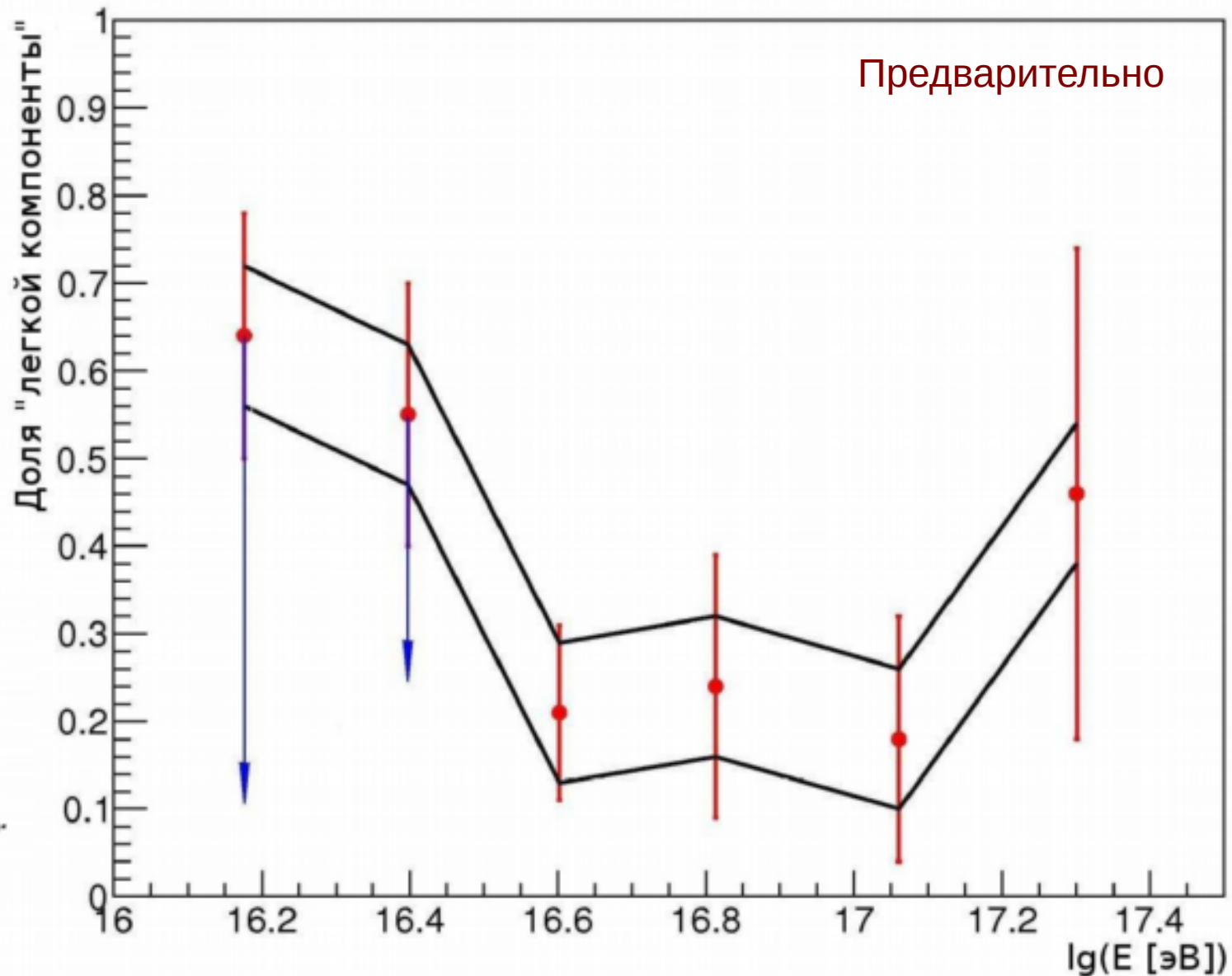
# Оценка состава ПКЛ по отношению интегралов ЧС в кольцах ФПР

$\eta$



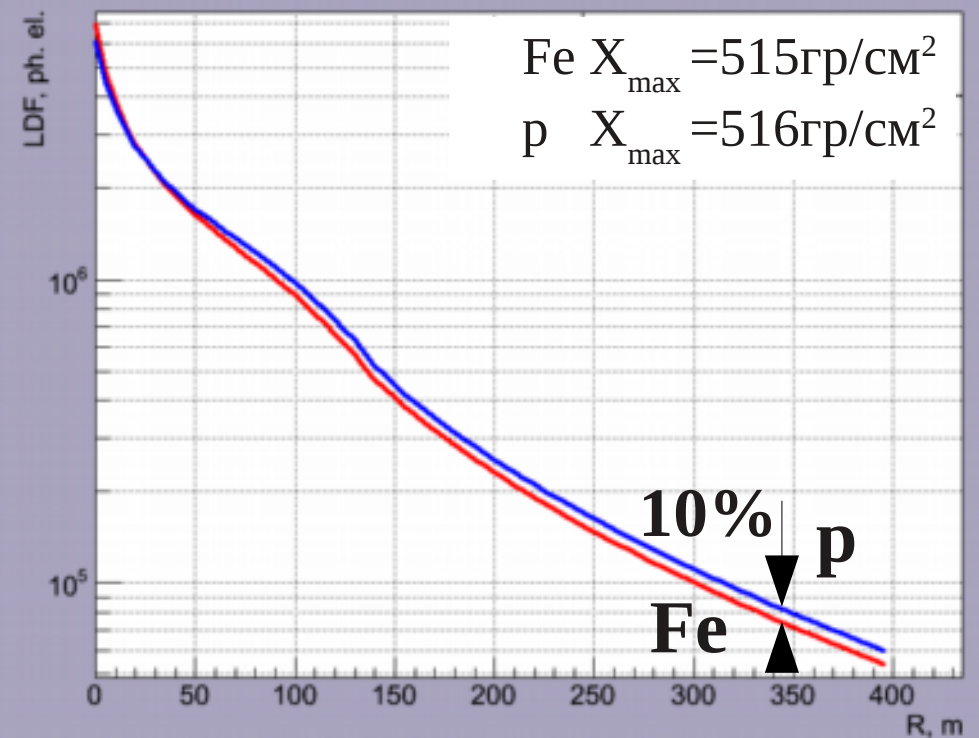
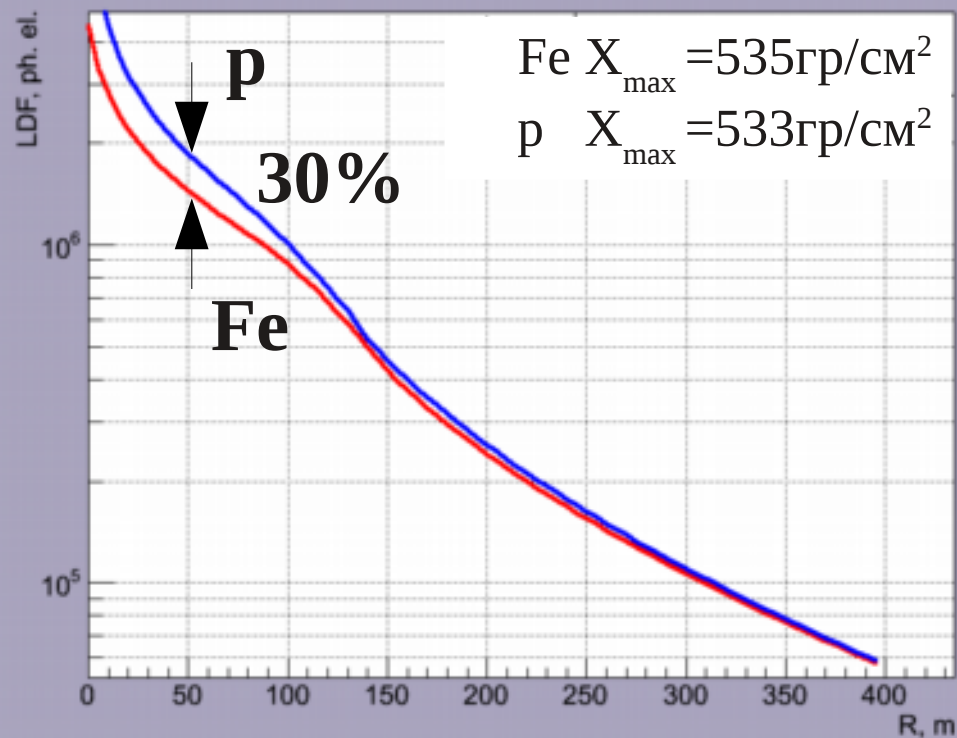
$$\eta(r_1, r_2, r_3, r_4) = \frac{\int_{r_1}^{r_2} 2\pi r \cdot \rho(r) dr}{\int_{r_3}^{r_4} 2\pi r \cdot \rho(r) dr}$$

$r_4 \geq r_3 + \delta r, \quad r_3 \geq r_2, \quad r_2 \geq r_1 + \delta r$

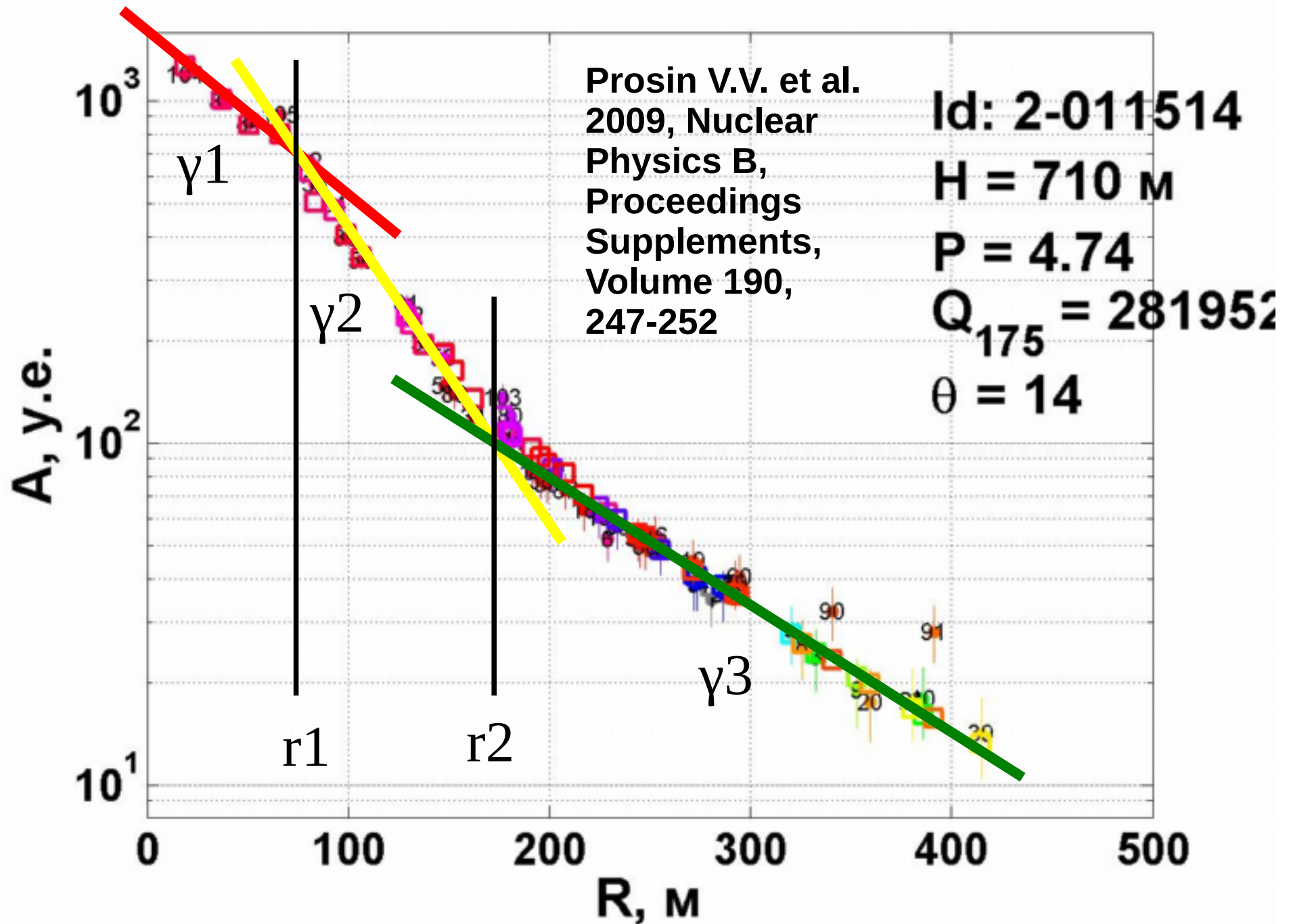


# Поиск новых методов для определения состава ПКЛ

# Сравнение модельных ФПР ЧС для $p$ и $Fe$ при $E_0 = 10$ ПэВ и близких значениях $X_{max}$



# Параметры ФПР на примере экспериментального события



В ходе предварительного анализа экспериментальных данных значения  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$ ,  $\gamma_3$ ,  $r_1$  и  $r_2$  использовались в качестве параметров образа пятна вспышки ЧС ШАЛ.

Интересные результаты ожидается получить при использовании методики распознавания образов без использования модели.

Проведены предварительные попытки применить такой анализ для выделения групп событий с близкими параметрами. Образовавшиеся группы можно классифицировать по типу первичной частицы, а значит оценить состав ПКЛ.

Работа продолжается ...

# Начата подготовка проекта «СФЕРА-*HD*»

*HD - High Definition (высокая чёткость)*

Основная цель новой установки измерение спектра космических лучей в области от  $3-5 \cdot 10^{15}$  до  $10^{18}$  эВ для групп p, He, CNO, Fe и гамма-квантов методом прямого много-параметрического выделения.



# Заключение

- Закончен этап проведения измерений с установкой СФЕРА-2. Проводится обработка экспериментальных данных;
- Достигнута высокая точность измерения распределения ЧС от ШАЛ для индивидуального события;
- Предварительный энергетический спектр согласуется с данными других установок;
- Оценка состава ПКЛ указывает на утяжеление при энергиях 40 - 100 ПэВ;
- Проводится поиск параметров для более эффективного выделения групп ядер ПКЛ;
- Начата подготовка проекта новой установки.

# Спасибо за внимание!

