



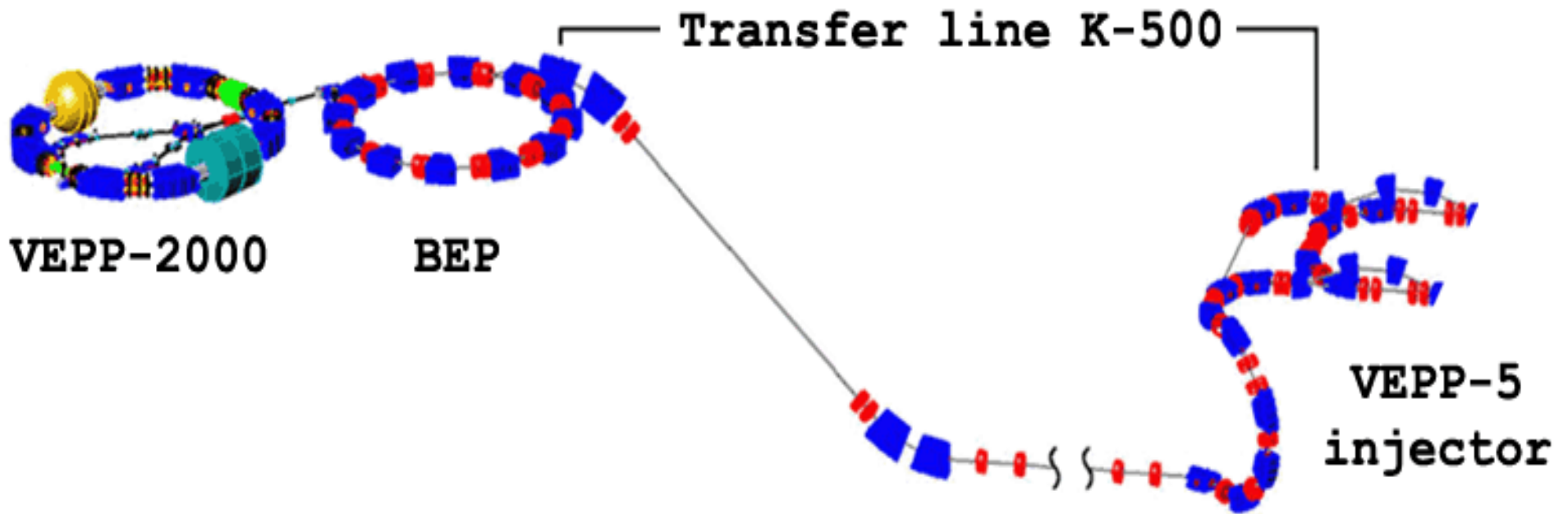
# ДЕТЕКТОР СНД состояние и планы

(лаб. 3-1, 3-2, 3-12)

М.Н. Ачасов

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ИЯФ  
27 января 2017 г.

# СНД в 2016 г.



Подготовка к экспериментам на модернизированном комплексе ВЭПП-2000 с инжекционным комплексом ВЭПП-5.

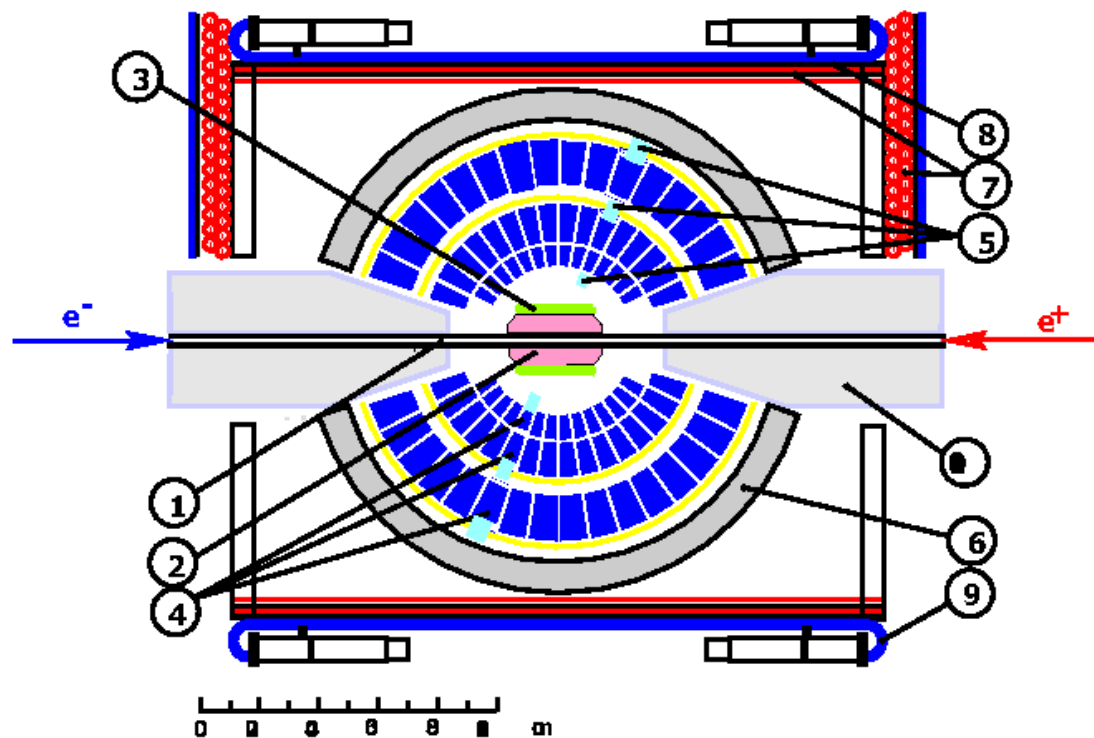
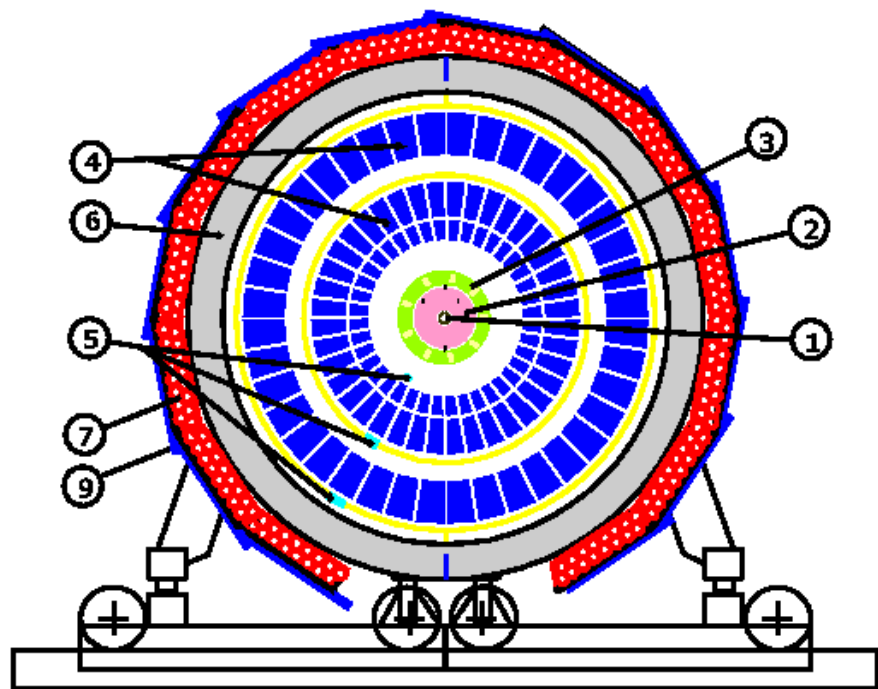
Скорость набора данных в 2011–2013 гг : 20 пб<sup>-1</sup>/год.

Предельная ожидаемая «скорость»: 1000 пб<sup>-1</sup>/год.

Анализ данных, набранных в 2010 – 2013 гг (70 пб<sup>-1</sup> данных в области энергии 0,3–2,0 ГэВ).



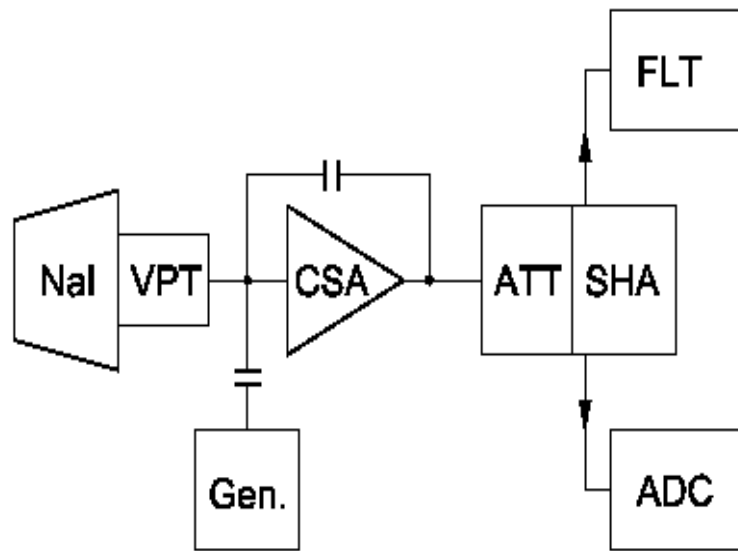
# Сферический нейтральный детектор (СНД).



1-вакуумная камера, 2-трековая система, 3-черенковские счётчики, 4-кристаллы NaI(Tl), 5-вакуумные фототриоды, 6-железный поглотитель, 7-пропорциональные трубки, 9-сцинтилляционные счётчики, 10-соленоиды ВЭПП-2000.

**Системы СНД исправны, прокалиброваны и готовы к эксперименту.**

# Новая электроника калориметра.



Несколько лет ведётся разработка новых плат усилителя-формирователя и АЦП. Новый АЦП – 24-канальный модуль с параллельными АЦП (flash ADC) с периодом оцифровки  $1/3 \times T_{\text{обр}} \approx 25 \text{ нс}$ . Новый канал помимо амплитуды позволит определять время срабатывания счётчика.

Параметры плат были изучены на прототипах. Временное разрешение лучше **1 нс** при энерговыделении **100 МэВ**.

В 2016 г завершены испытания и доработка плат **АЦП** и **УФ**. Принято решение на массовое производство плат с ПЛИС со встроенным процессором в 2017 г.

# Новая электроника.

В 2015 г изготовлены и используются **24-х** канальные модули (12шт) с параллельными АЦП с периодом оцифровки  **$\approx 25$  нс** для катодных полосок трековой системы.

В 2016 г изготовлены и используются **3-х** канальные модули (4 шт) с параллельными АЦП с периодом оцифровки  **$\approx 5$  нс** для черенковского счётчика.

План на 2017 г:

заменить платы для черенковского счётчика и катодных полосок трековой системы на модули с ПЛИС со встроенным процессором;

изготовить подобные модули для счётчиков мюонной системы.



# Система сбора данных СНД.

Система сбора данных СНД (**ССД**) была основана на стандарте **«КЛЮКВА»**. **150** информационных плат (**ИП**) размещены в **крейтах «КЛЮКВА»**.

Чтение **ИП** в крейте осуществляется по общей шине через **процессор ввода-вывода**.

В новом эксперименте ожидается рост загрузки электроники в **10** раз. Производительность **ССД** увеличивается за счёт перехода от чтения **ИП** через **шину** к передаче данных из каждой **ИП** через **Ethernet**.

К настоящему времени заменены **10%** **ИП**: **АЦП** полосок трековой системы и **черенковского счётчика**.

**ССД** способна читать данные с двух типов **ИП**, обрабатывать (в т.ч. осциллограммы) и объединять их в события.



# Система сбора данных СНД.

План на 2017 год.

Заменить **60% ИП:**

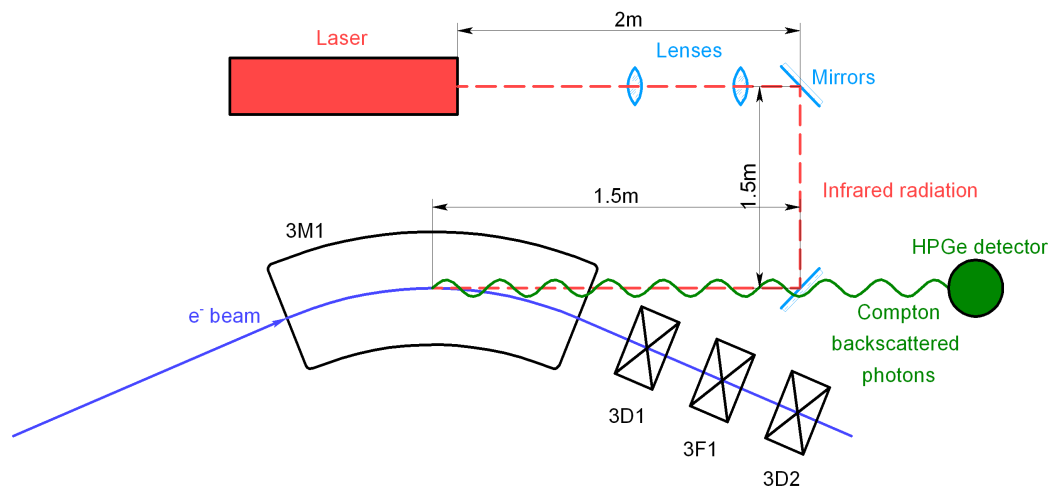
**АЦП калориметра,  
полосок трековой системы,  
черенковского счётчика и  
счётчиков мюонной системы.**

Все модули на основе параллельных АЦП  
с ПЛИС со встроенным процессором (*Xilinx*).

Обработка осциллограмм происходит в **ИП.**



# Система измерения энергии ВЭПП-2000 методом обратного комптоновского рассеяния. (лаб. 1-4, 3-1, 11, сек. 1-31)



Энергия пучка ВЭПП-2000 измеряется по положению края спектра рассеянных фотонов. Точность измерения около **30кэВ**.

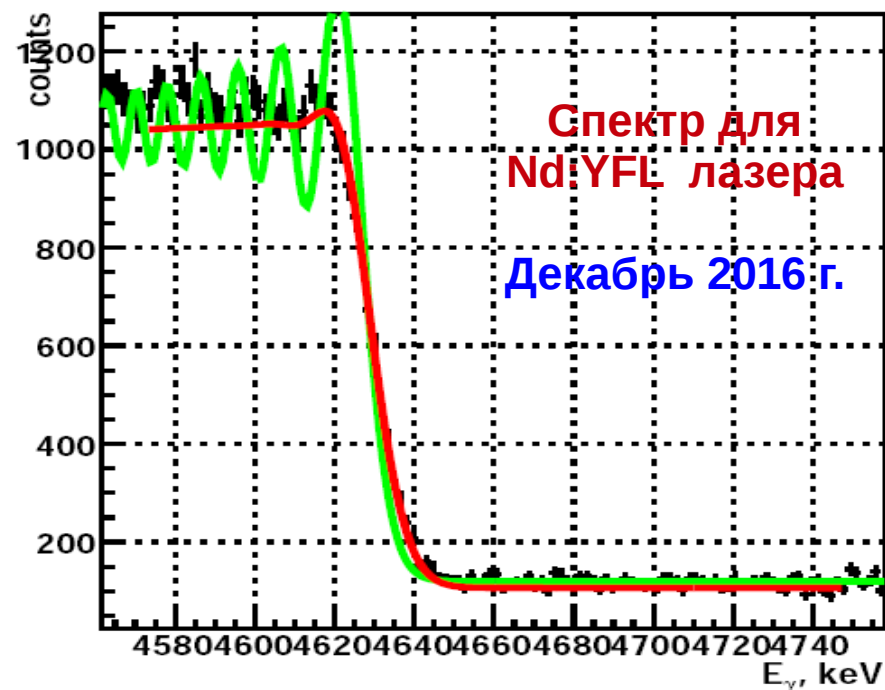
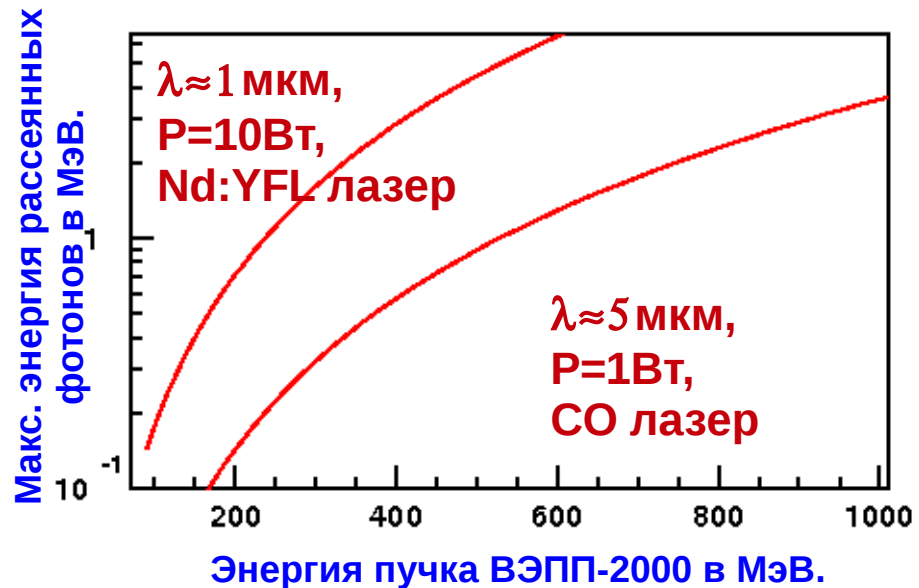
В систему входят два источника фотонов: **иттербиевый** и **СО лазеры**.

Это позволяет надёжно измерять энергию пучка от **100 до 1000 МэВ**.

В 2016 г для измерения энергии были применены оба лазера. Результаты измерений согласуются:

**511,890 ± 0,008 Nd:YAG**

**511,893 ± 0,009 СО лазер.**







# Анализ данных СНД.

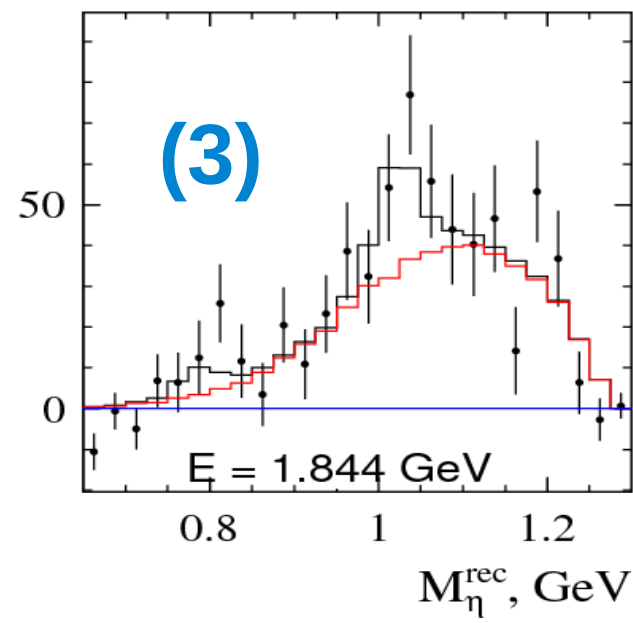
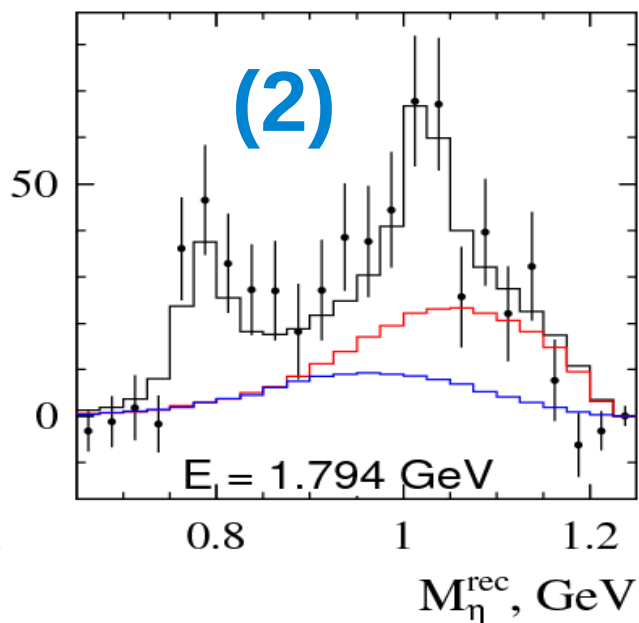
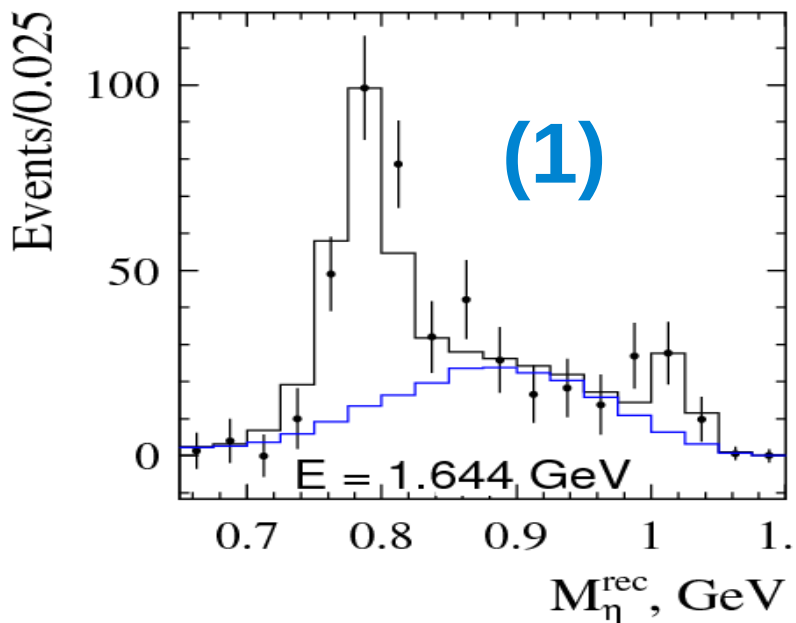
Физическая программа эксперимента:

- Измерение сечений процессов  $e^+e^- \rightarrow \text{адроны}$ .  
Измерение сечений и электромагнитных формфакторов, исследование динамики многоадронных процессов.
- Изучение векторных мезонов  $\rho$ ,  $\omega$ ,  $\phi$  и их возбуждённых состояний  $\rho'$ ,  $\rho''$ ,  $\omega'$ ,  $\omega''$ ,  $\phi'$ , ...  
Параметры мезонов определяются путём подгонки теоретических моделей к измеренным сечениям.
- Двухфотонная физика  $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + \text{адроны}$ .
- Рождение С-чётных резонансов:  $e^+e^- \rightarrow S, P, A, T$ .

$$e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$$

Процесс  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta \rightarrow \pi^+\pi^-4\gamma$  имеет сложную динамику.

Масса отдачи  $\eta$ -мезона.



(1) Спектр описывается суммой процессов  $e^+e^- \rightarrow \omega\eta, \phi\eta$  ( $\omega, \phi \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ ) и бесструктурного  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$  (синяя гистограмма).

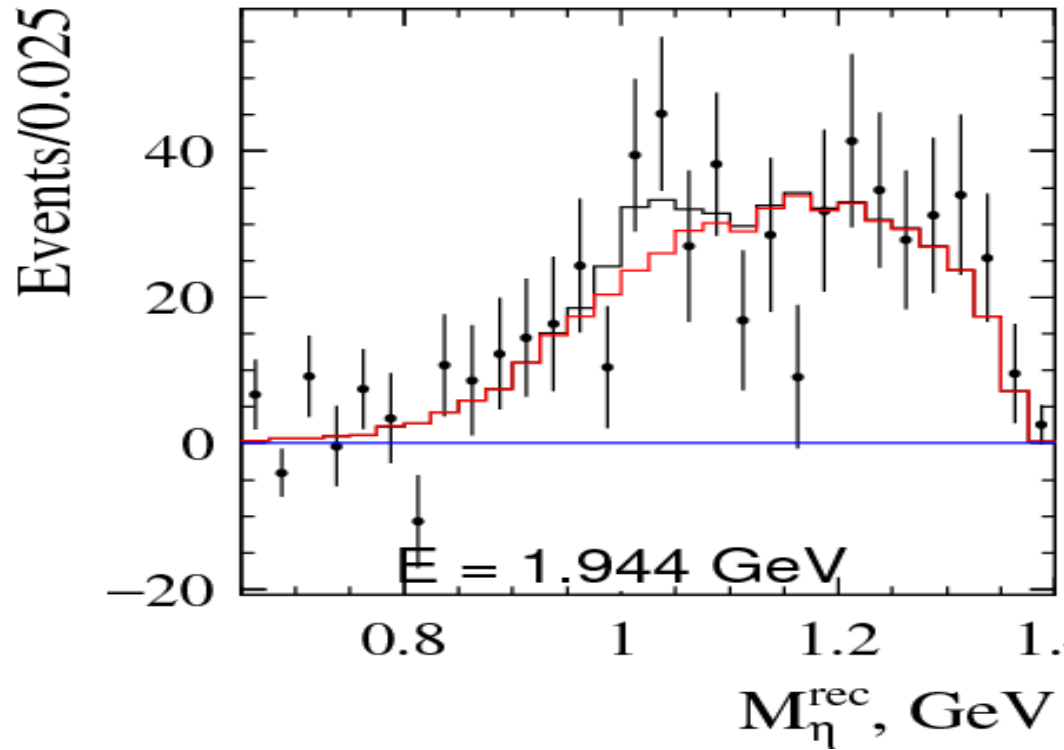
(2) Спектр описывается суммой процессов  $e^+e^- \rightarrow \omega\eta, \phi\eta$ , бесструктурным  $\pi^+\pi^-\pi^0\eta$  и  $e^+e^- \rightarrow a_0(980)\rho$  ( $a_0(980) \rightarrow \pi^0\eta, \rho \rightarrow \pi^+\pi^-$ ) (красная гистограмма).

(3) Спектр описывается суммой процессов  $e^+e^- \rightarrow \phi\eta$  и  $a_0(980)\rho$ .

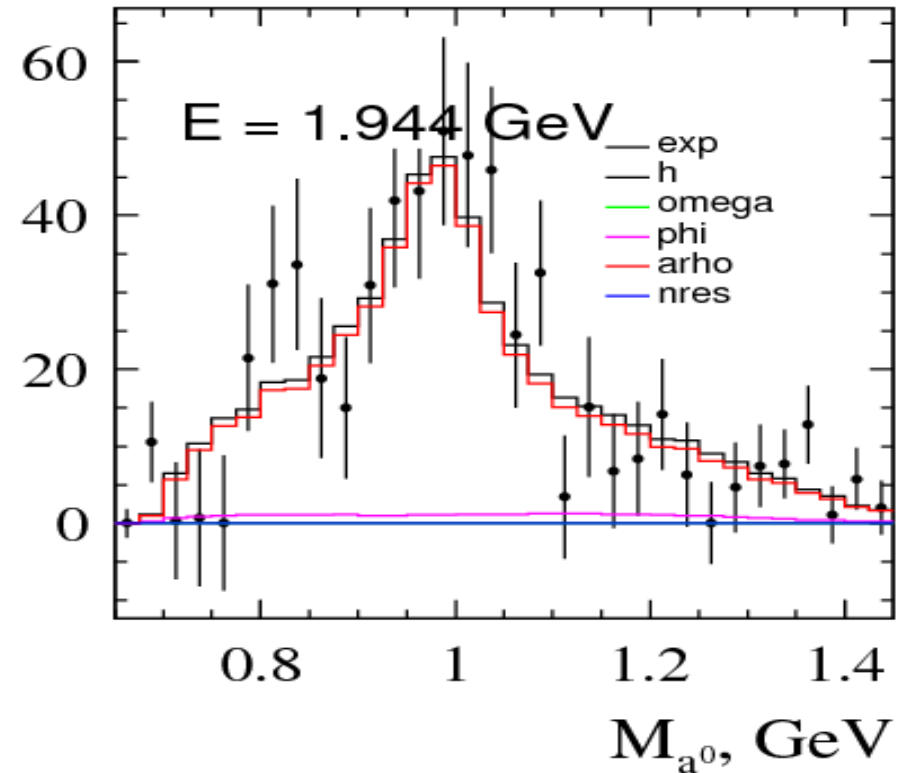
$$e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$$

В области энергии выше 1,8 ГэВ доминирует процесс

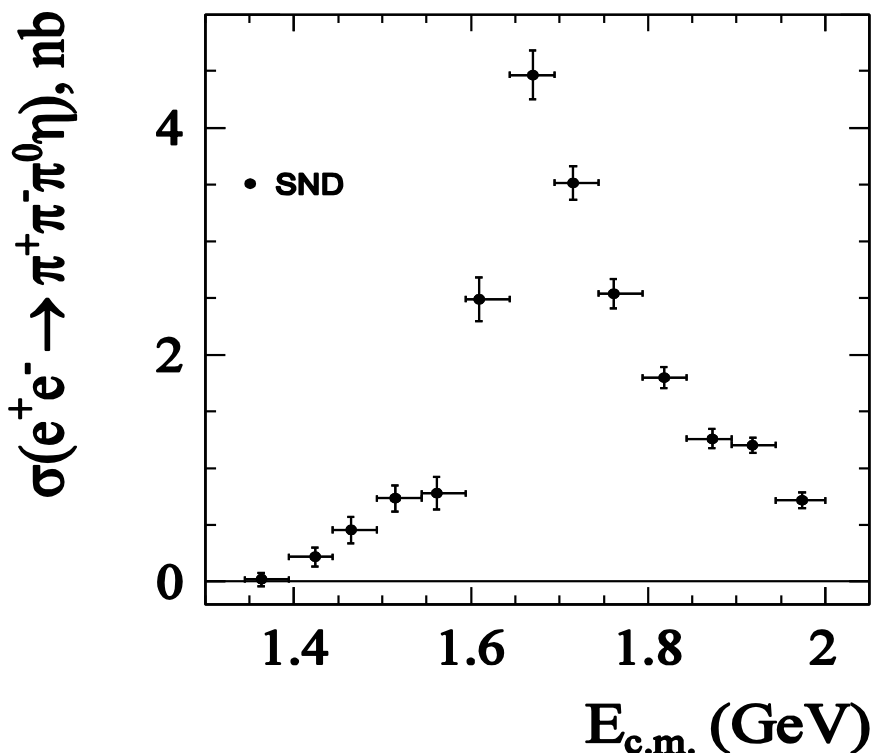
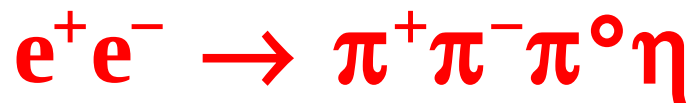
$$e^+e^- \rightarrow a_0(980)\rho \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta \rightarrow \pi^+\pi^-4\gamma.$$



Масса отдачи  $\eta$ -мезона.



Инвариантная масса  $\eta\pi$ .



Сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$  измерено впервые.

Наблюдаются вклады  $e^+e^- \rightarrow \omega\eta$ ,  $\phi\eta$ , бесструктурного  $\pi^+\pi^-\pi^0\eta$  и  $a_0(980)\rho$ .

Вклады  $\omega\eta$  и  $\phi\eta$  определяют **50-60 %** сечения ниже **1,8 ГэВ**.

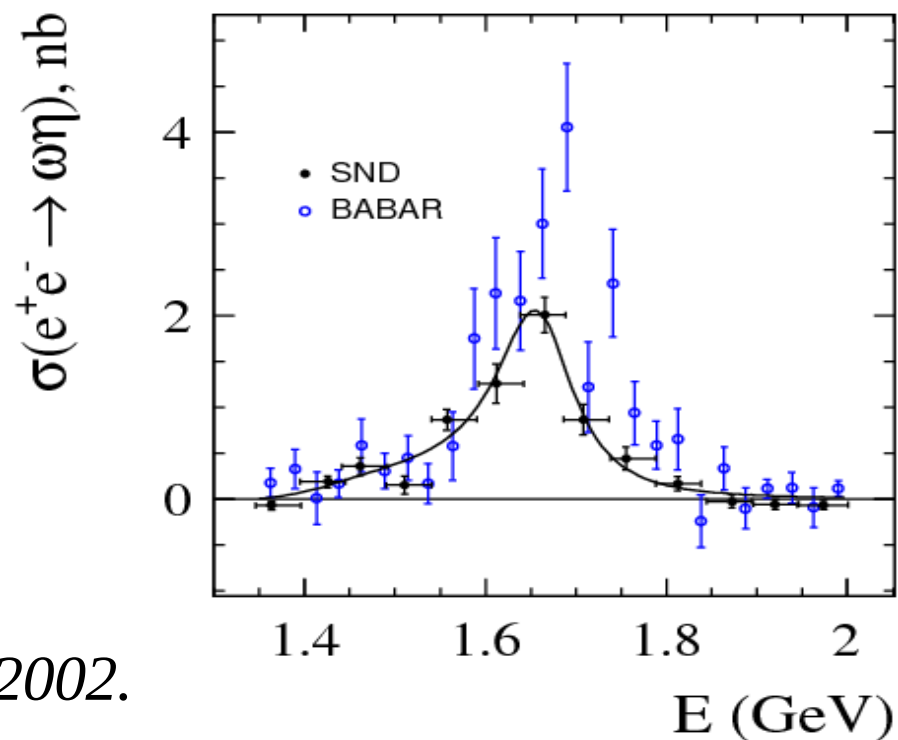
Выше **1,8 ГэВ** доминирует механизм  $a_0(980)\rho$ .

Сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow \omega\eta$  измерено отдельно и имеет наилучшую точность **6–12%**.

Результат СНД противоречит измерению ВаБар при  $\sqrt{s} > 1,6$  ГэВ.

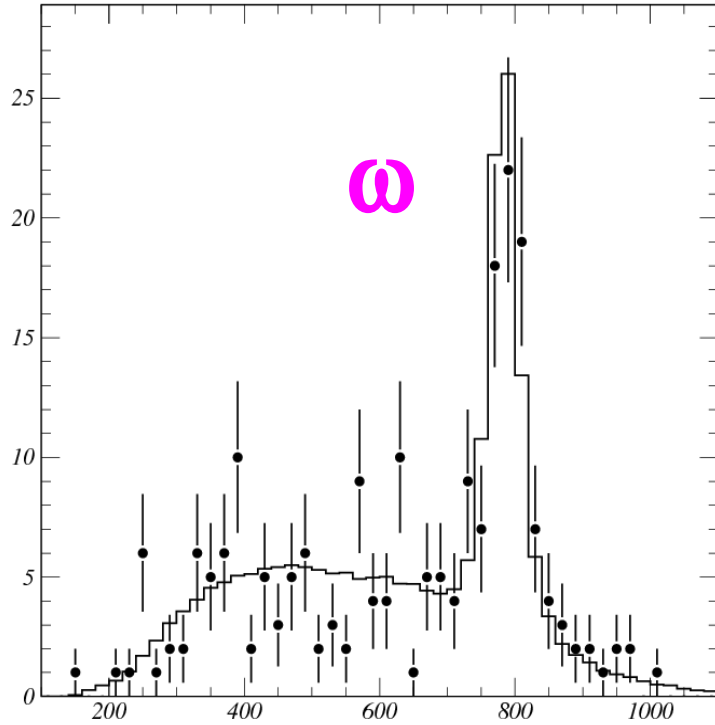
**Опубликовано:**

*M.N. Achasov, et al., Phys.Rev. D94 (2016) 092002.*



$$e^+e^- \rightarrow \omega\pi^0\eta$$

Процесс  $e^+e^- \rightarrow \pi^0\pi^0\eta\gamma \rightarrow 7\gamma$ .

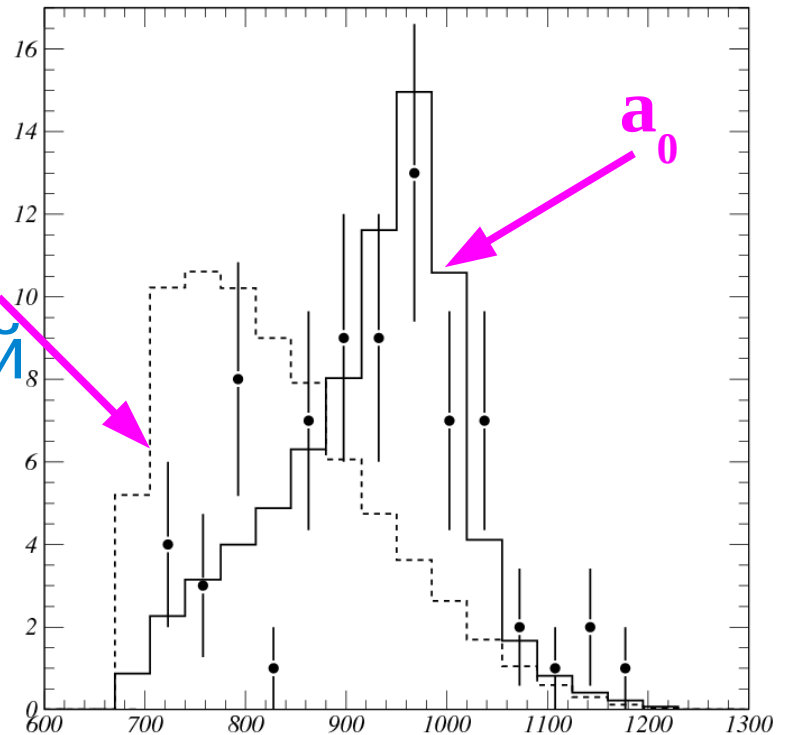


Инвариантная масса  $\pi^0\gamma$

Спектр масс  $\eta\pi^0$  для отобранных событий  $\omega\pi^0\eta$  описывается в модели  $\omega a_0(980)$ .

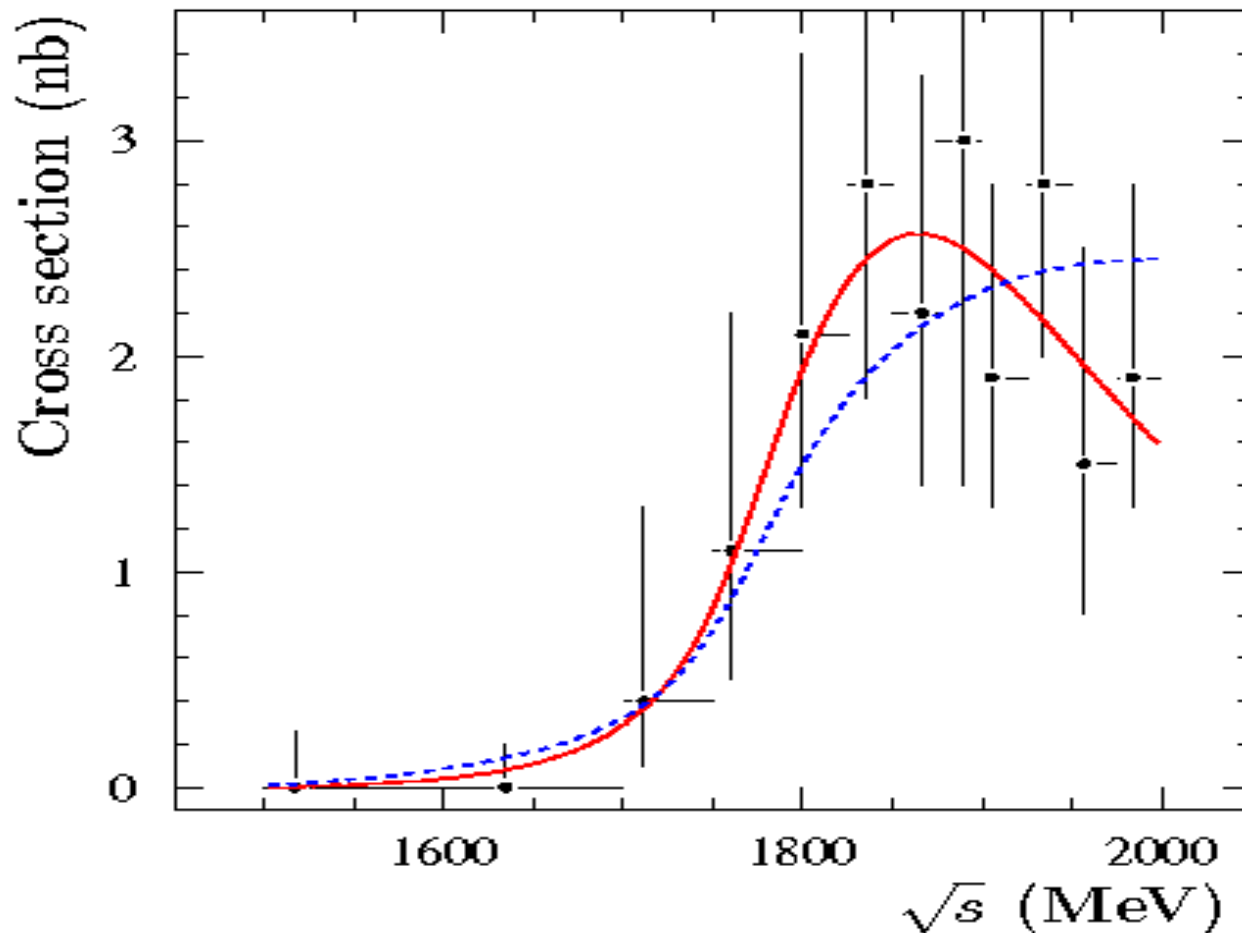
Доминирует промежуточное состояние  $\omega\pi^0\eta (\omega \rightarrow \pi^0\gamma)$ .

$\pi^0\eta$   
фазовый  
объём



Инвариантная масса  $\eta\pi^0$

# $e^+e^- \rightarrow \omega\pi^0\eta$



**Опубликовано:**  
*M.N. Achasov, et al.,  
Phys.Rev. D94 (2016)  
032010.*

Сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow \omega\pi^0\eta$  измерено впервые.  
Систематическая ошибка **4%**.

Доминирует вклад  $e^+e^- \rightarrow \omega a_0(980) (a_0(980) \rightarrow \pi^0\eta)$ .

Сечение имеет порог при энергии **1,75 ГэВ**.

Составляет **5%** от полного сечения  $e^+e^- \rightarrow$  адроны в данной области энергии.



# Заключение

- СНД включен, ведётся запись космического фона и первой светимости на энергии **850 МэВ**. СНД готов к экспериментам на ВЭПП-2000.
- Ведётся поэтапная модернизация электроники и системы сбора данных.
- Продолжается обработка данных, набранных в 2010–2013 гг.
- Опубликовано 5 статей по результатам обработки физических процессов:  
 $e^+e^- \rightarrow \pi^0\gamma, K^+K^-, \pi^0\pi^0\gamma, \omega\eta, \omega\pi^0\eta$ .
- Сделано 8 докладов на международных конференциях
- Грантов РФФИ – 6, участие в работах по гранту РФФИ № 14-50-00080