



# ДЕТЕКТОР СНД состояние и планы

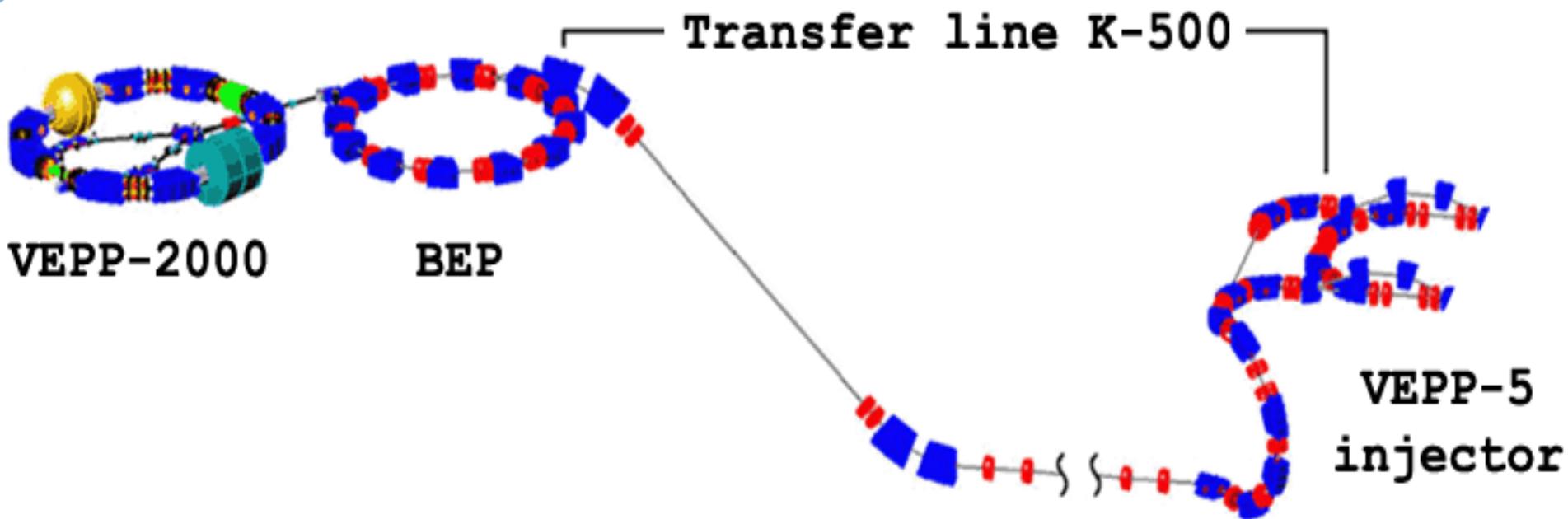
(лаб. 3-1, 3-2, 3-12)

М.Н. Ачасов

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ИЯФ  
16 марта 2018 г.



# СНД в 2017 г.



Начало экспериментов на модернизированном комплексе

ВЭПП-2000 с инжекционным комплексом ВЭПП-5.

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

Скорость набора данных в 2017 г: 50 пб<sup>-1</sup>/год.

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

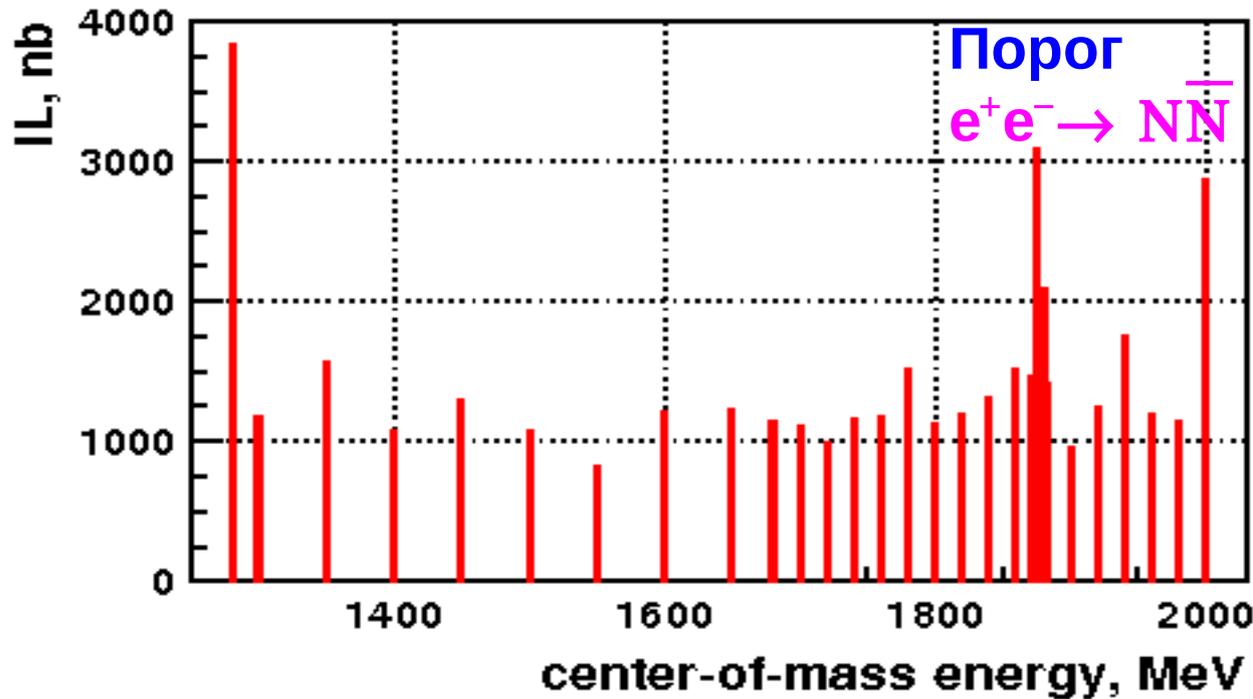
Развитие электроники и системы сбора данных СНД.

Анализ данных 2010 – 2013 гг: 70 пб<sup>-1</sup>.



# Эксперимент СНД в 2017 году.

В 2017 г. (февраль–июнь) набран  $IL=51 \text{ пб}^{-1}$



Распределение интегральной светимости по энергии в системе центра масс.

Физические задачи эксперимента 2017 г. :

- Изучение поведения сечений  $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}, n\bar{n}, 6\pi, 4\pi$  на пороге  $N\bar{N}$ .
- Измерение сечений процессов  $e^+e^- \rightarrow \text{адроны}$ .
- Поиск  $e^+e^- \rightarrow D^*(2007)^0$  и  $f_1(1285)$  (Измерение электронных ширин).

В ноябре 2017 г начат эксперимент в области энергии ниже 1 ГэВ.

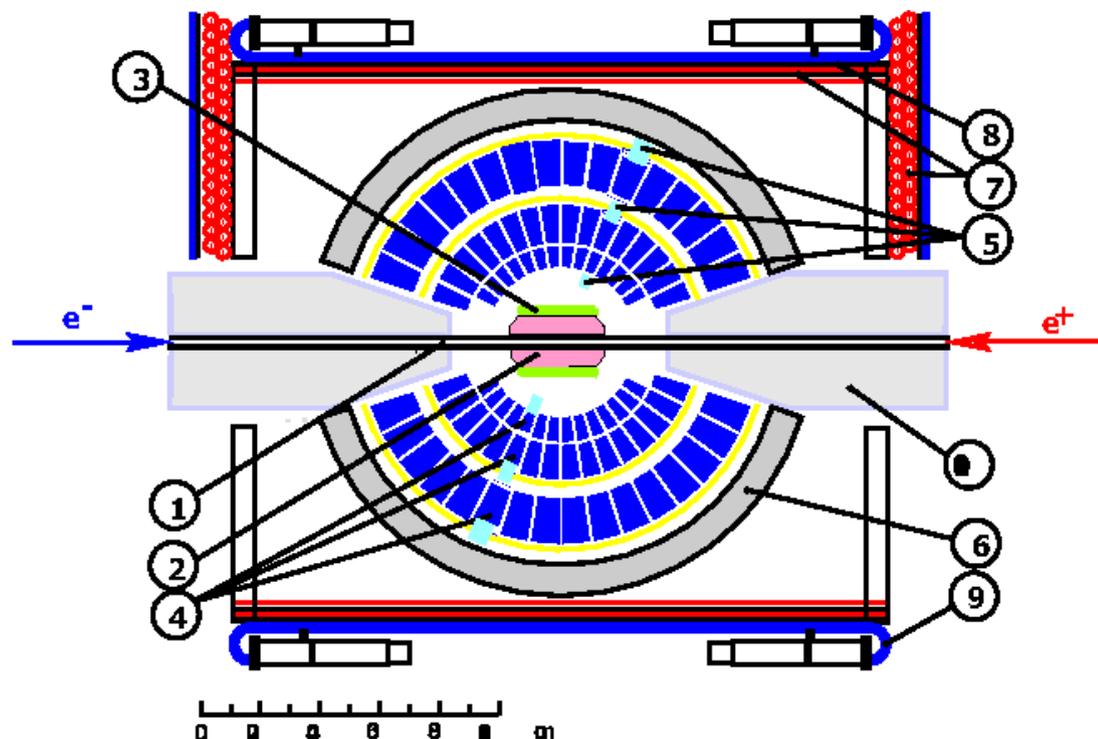
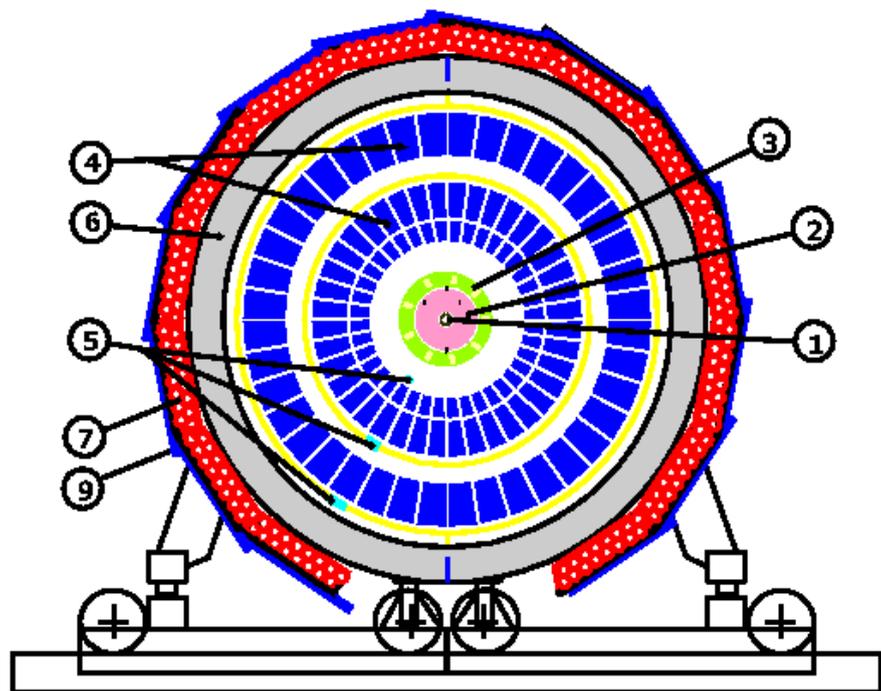
Физические задачи эксперимента:

- Измерение сечений  $e^+e^- \rightarrow \text{адроны}$ , в частности,  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ .
- Изучение  $\omega$  и  $\rho$  мезонов.
- Поиск  $e^+e^- \rightarrow \eta$ . (Измерение электронной ширины  $\eta$ ).

Окончание эксперимента планируется в июне 2018 г.



# Сферический нейтральный детектор (СНД).

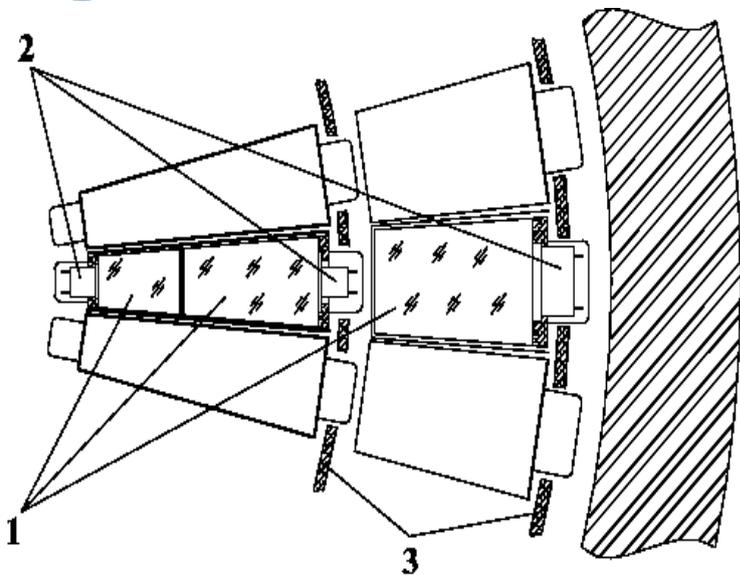


1-вакуумная камера, 2-трековая система, 3-черенковские счётчики, 4-кристаллы NaI(Tl), 5-вакуумные фототриоды, 6-железный поглотитель, 7-пропорциональные трубки, 9-сцинтилляционные счётчики, 10-соленоиды ВЭПП-2000.

**Системы СНД исправны и прокалиброваны.**



# Калориметр СНД.



Калориметр – основная подсистема детектора СНД. Состоит из 1632 сцинтилляционных NaI(Tl) счётчиков. Счётчики калориметра.

1 – кристаллы NaI(Tl), 2 – вакуумные фототриоды (ВФТ), 3 – несущие Al полусферы. Сигналы ВФТ поступают на ЗЧУ.

Основной причиной выхода из строя счётчиков калориметра сейчас является пробой ВФТ. До 50 неисправных ВФТ заменяются во время летнего ремонта. Для пополнения запасов в лаб.1-4 силами группы Пяты Е.Э. восстанавливается технология производства ВФТ.

В 2017 г было изготовлено 2 ВФТ с

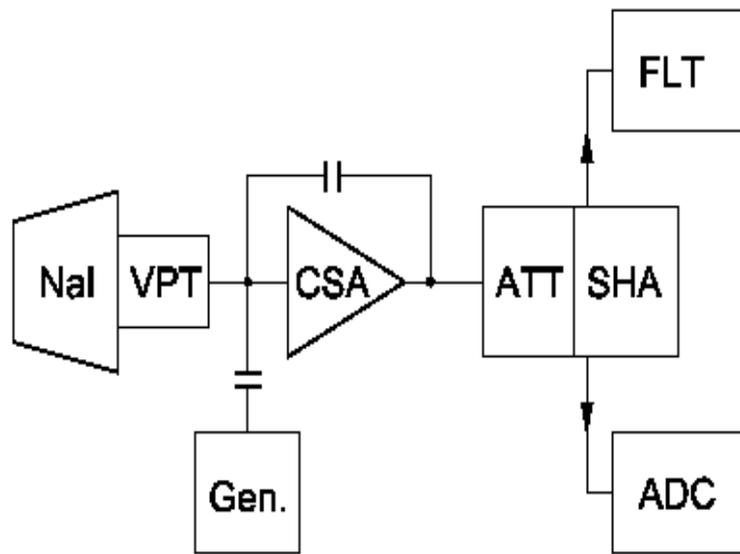
$K \times \eta = 100$  и  $150$  %.

В 2018 г планируется наладить выпуск до 50 ВФТ в год.





# 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. Временное разрешение лучше **1 нс** при энерговыделении **100 МэВ**.

В 2017 г начато массовое производство плат АЦП с ПЛИС со встроенным процессором (*Xilinx*) и плат УФ. Обработка осциллограмм может производиться в плате АЦП.

В 2018 г. новые платы АЦП и УФ будут подключены к калориметру.



# Новая электроника.

В 2017 г изготовлены и используются **24-х** канальные модули (12шт) с параллельными АЦП с периодом оцифровки  $\approx$ **25 нс** с ПЛИС со встроенным процессором 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.

В 2018 году планируется изготовить платы с ПЛИС со встроенным процессором для черенковского счётчика и счётчиков мюонной системы.



# Система сбора данных СНД.



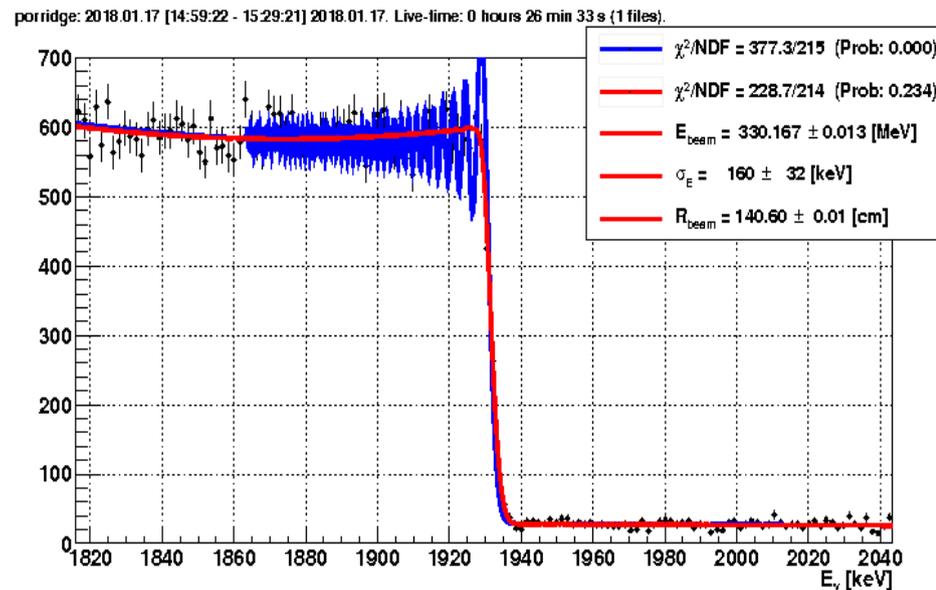
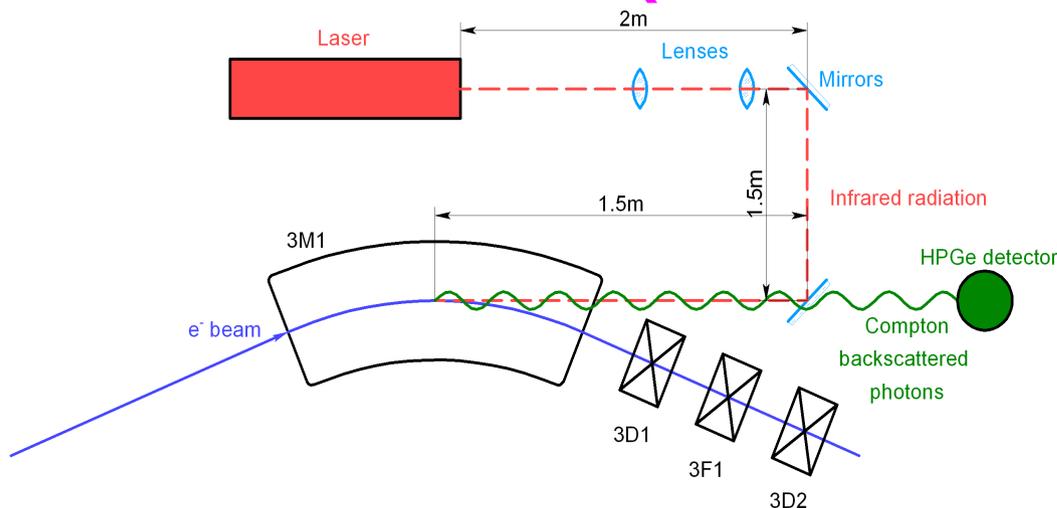
2017 г. 90% плат читаются по общей шине через ПВВ. Сетевые платы 10%.

2018 г. Сетевые платы составят 60%.

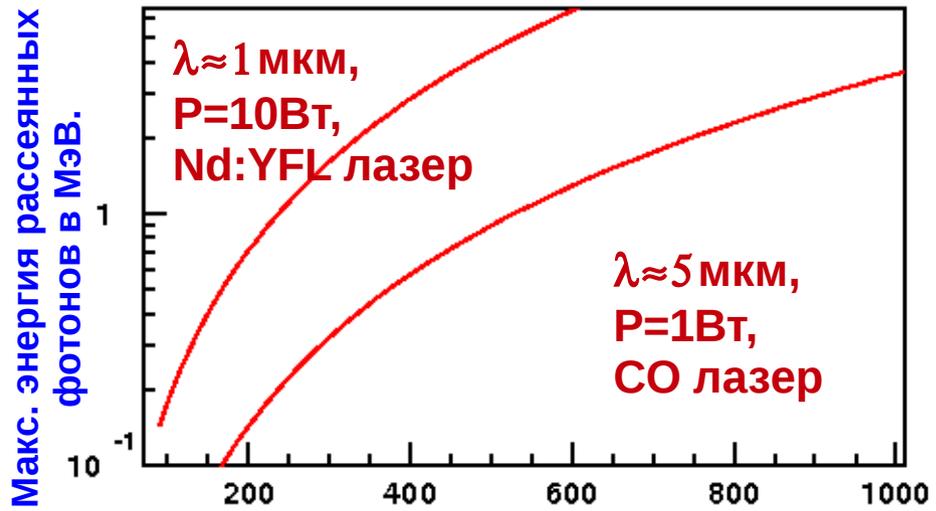
Вычислительная ферма



# 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.



Макс. энергия рассеянных фотонов в МэВ.

Энергия пучка ВЭПП-2000 в МэВ.

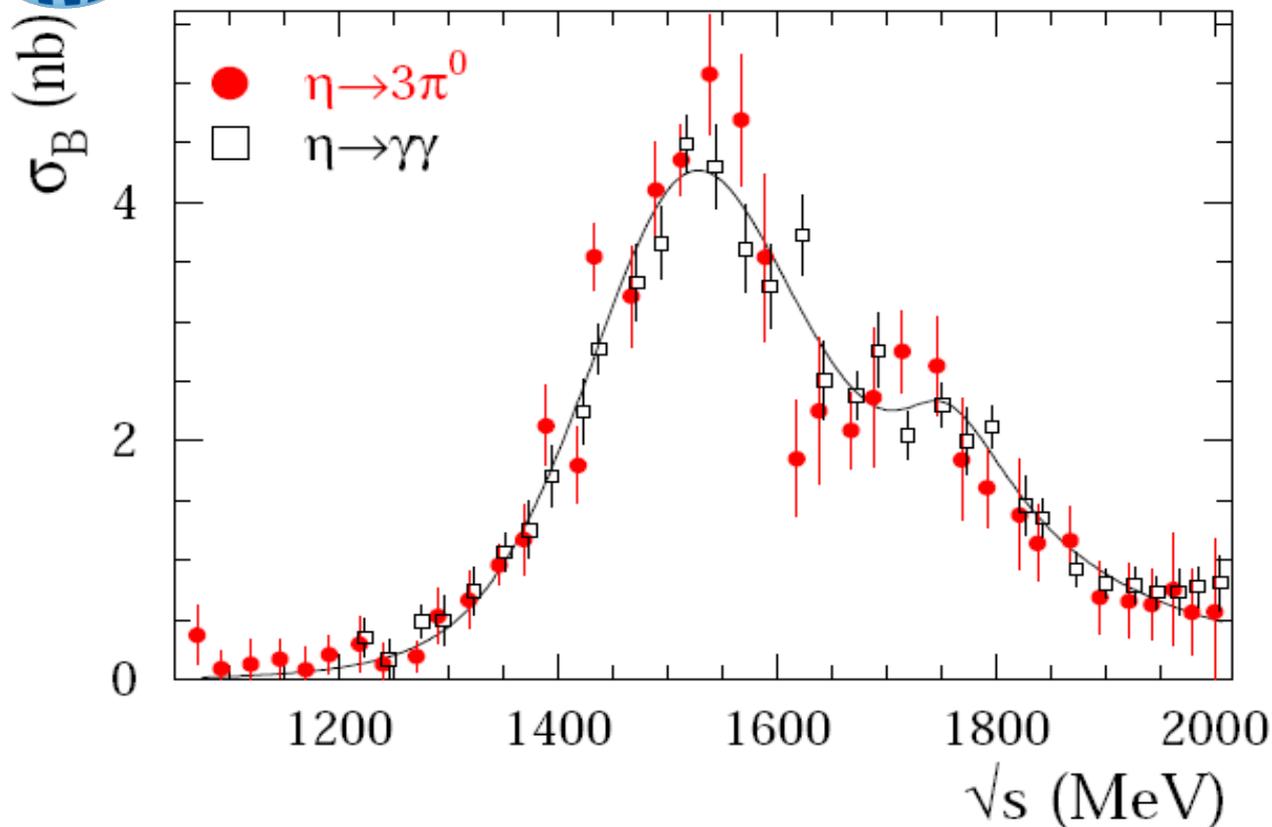
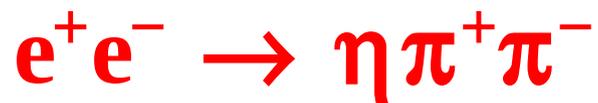
Два источника фотонов:  
иттербиевый и СО лазеры.  
СО для энергии выше 500 МэВ,  
Nd:YAG для энергии до 500 МэВ.



# 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  $\rho', \rho'', \omega', \omega'', \phi', \dots$   
Параметры мезонов определяются путём подгонки измеренных сечений теоретическими моделями.
- Двухфотонная физика  $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + \text{адроны}$ .
- Рождение С-чётных резонансов:  $e^+e^- \rightarrow S, P, A, T$ .



Сечение  $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  измерено в канале распада  $\eta \rightarrow 3\pi^0$ .  
Согласуется с измерением СНД в канале распада  $\eta \rightarrow \gamma\gamma$  и измерением ВаВар. Систематическая ошибка  $6\div 8\%$ .

Сечение  $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  может быть описано суммой вкладов  $\rho(770)$ ,  $\rho(1450)$  и  $\rho(1700)$ .

В предыдущих работах вклад  $\rho(1700)$  не требовался.

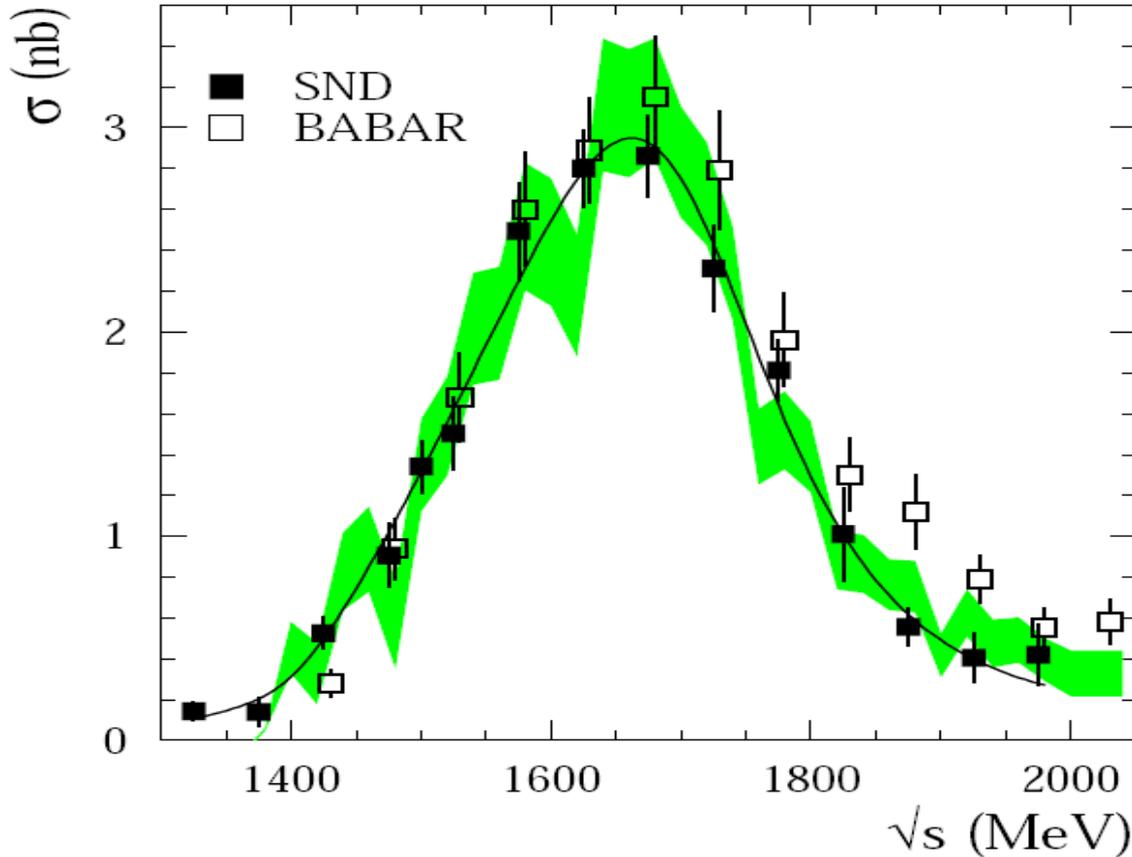
При этом  $\phi_{\rho(1450)} = \pi$  и  $\phi_{\rho(1700)} = \pi$  вместо ожидаемых  $\phi_{\rho(1450)} = \pi$  и  $\phi_{\rho(1700)} = 0$ .

Если в описание ввести дополнительный вклад  $\rho(2150)$ , то можно получить  $\phi_{\rho(1450)} = \pi$  и  $\phi_{\rho(1700)} = 0$ .

Опубликовано в *Phys.Rev. D97 (2018) no.1, 012008*.



# $e^+e^- \rightarrow K_S K_L \pi^0$ .



Доминирует механизм  $e^+e^- \rightarrow K^*(892) \bar{K}^0 \rightarrow K_S K_L \pi^0$ . Сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow K_S K_L \pi^0$  может быть описано суммой вкладов  $\phi(1020)$  и  $\phi(1680)$ . Систематическая ошибка **12%**.

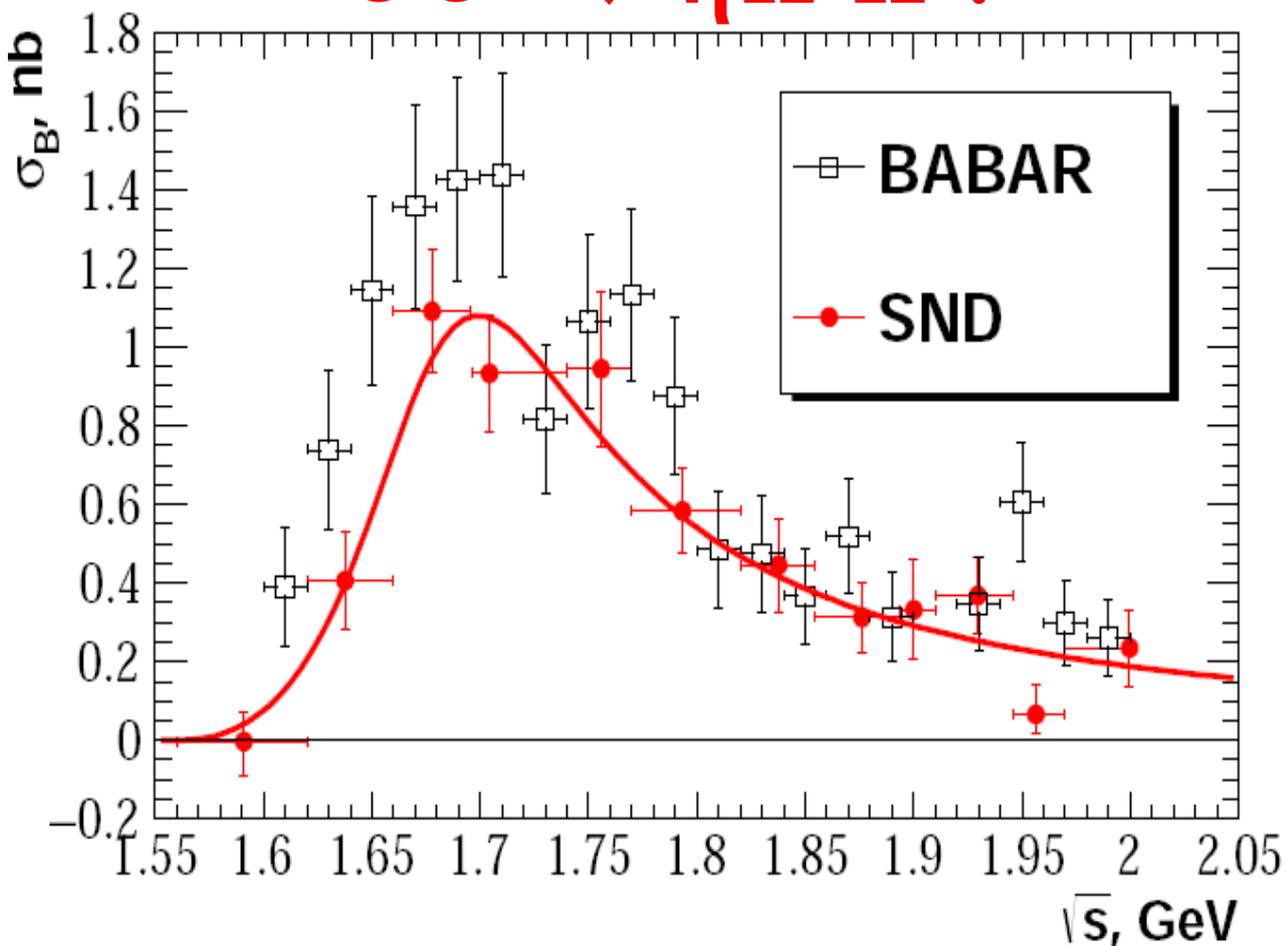
Измерения SND и Babar противоречат друг другу выше 1,8 ГэВ.

Измерение SND согласуется с сечением, рассчитанным с учётом

ИЗОСПИНОВЫХ СООТНОШЕНИЙ (зелёная лента):  $\sigma(e^+e^- \rightarrow K_S K_L \pi^0) =$

$$= \sigma(e^+e^- \rightarrow K_S K^\pm \pi^\pm) - \sigma(e^+e^- \rightarrow K^+ K^- \pi^0) + \text{Br}(\phi \rightarrow K_S K_L) \sigma(e^+e^- \rightarrow \phi \pi^0).$$

Опубликовано в *Phys. Rev. D* 97 (2018) no.3, 032011



Сечение  $e^+e^- \rightarrow \eta K^+K^-$  измерено в канале распада  $\eta \rightarrow \gamma\gamma$ .

Доминирует механизм  $e^+e^- \rightarrow \eta \phi(1020) \rightarrow \eta K^+K^-$ .

Систематическая ошибка **5÷10%**.

Сечение  $e^+e^- \rightarrow \eta K^+K^-$  может быть описано резонансом  $\phi(1680)$ .

Согласуется с измерениями ВаВар.

*Принято к публикации в Ядерной физике.*



# Заключение

- В 2017 г СНД набрал **51 пб<sup>-1</sup>** в области энергии выше **1280 МэВ**. Начат набор данных в области энергии ниже **1000 МэВ**.
- Продолжается поэтапная модернизация электроники и системы сбора данных.
- Продолжается обработка данных, набранных в 2010–2013 гг.
- Опубликовано 2 статьи, сделано более 10 докладов на международных конференциях.
- Грантов РФФИ – 4, участие в работах по гранту РНФ № 14-50-00080