

Предложение о продлении проекта

DANSS

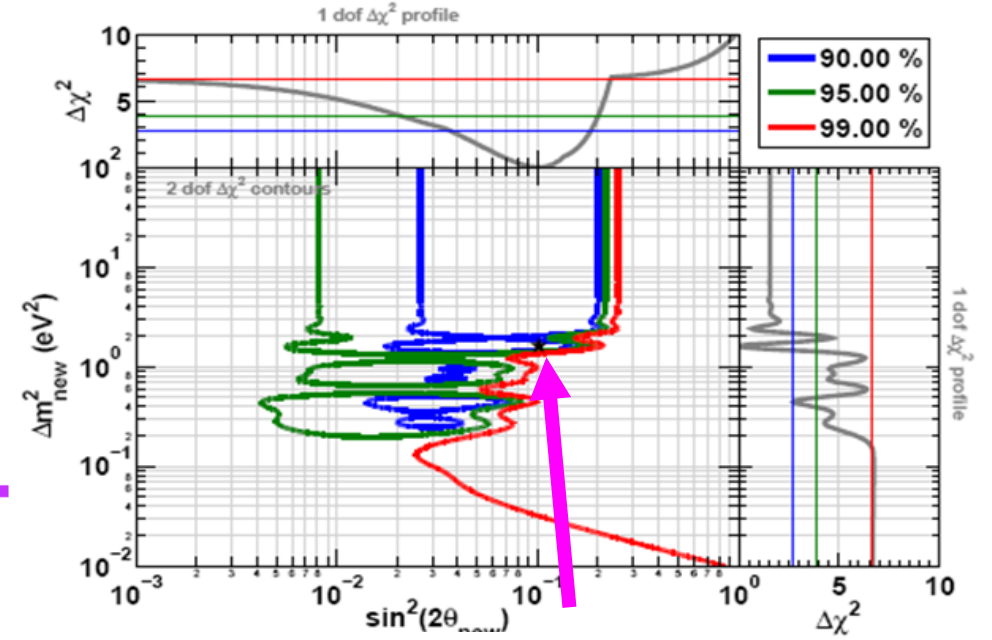
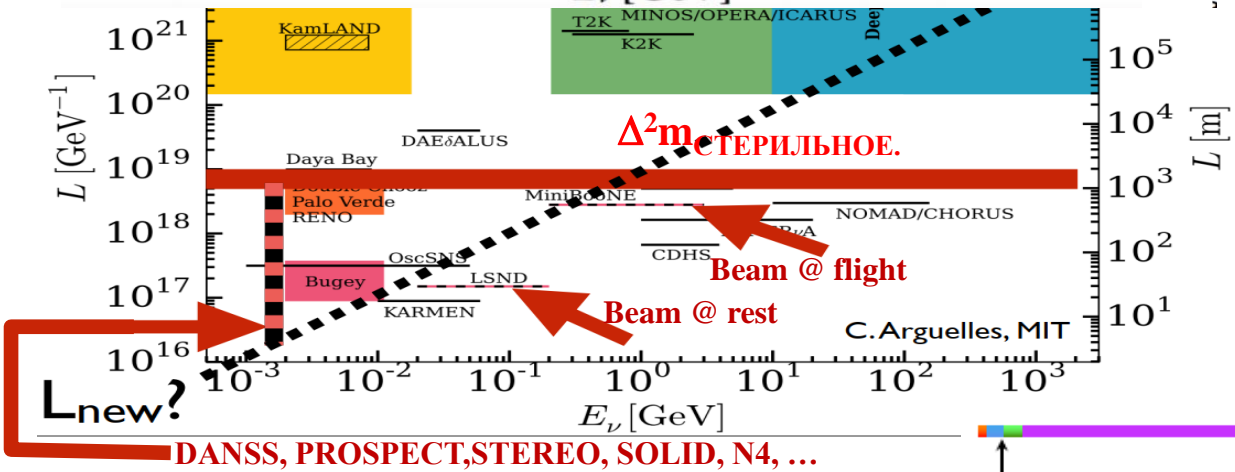
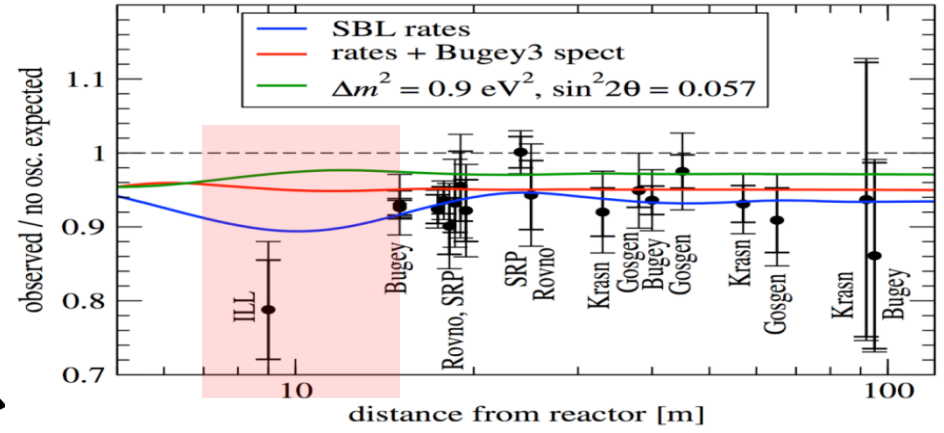
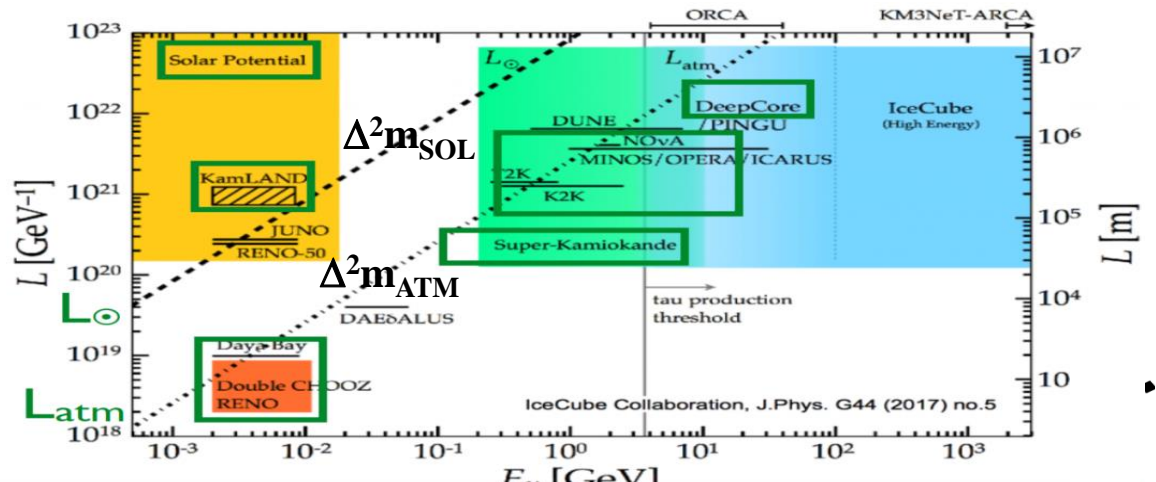
Детектор реакторных антинейтрино на основе пластмассового сцинтиллятора

Тема: 03-2-1100-2010/2020 (неускорительная нейтринная физика и астрофизика)

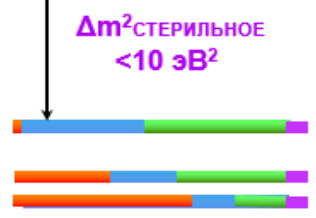
Шитов Ю.А.

НТС ЛЯП ОИЯИ, 12 ноября 2020

Нейтринный ландшафт: гипотеза стерильного нейтрино

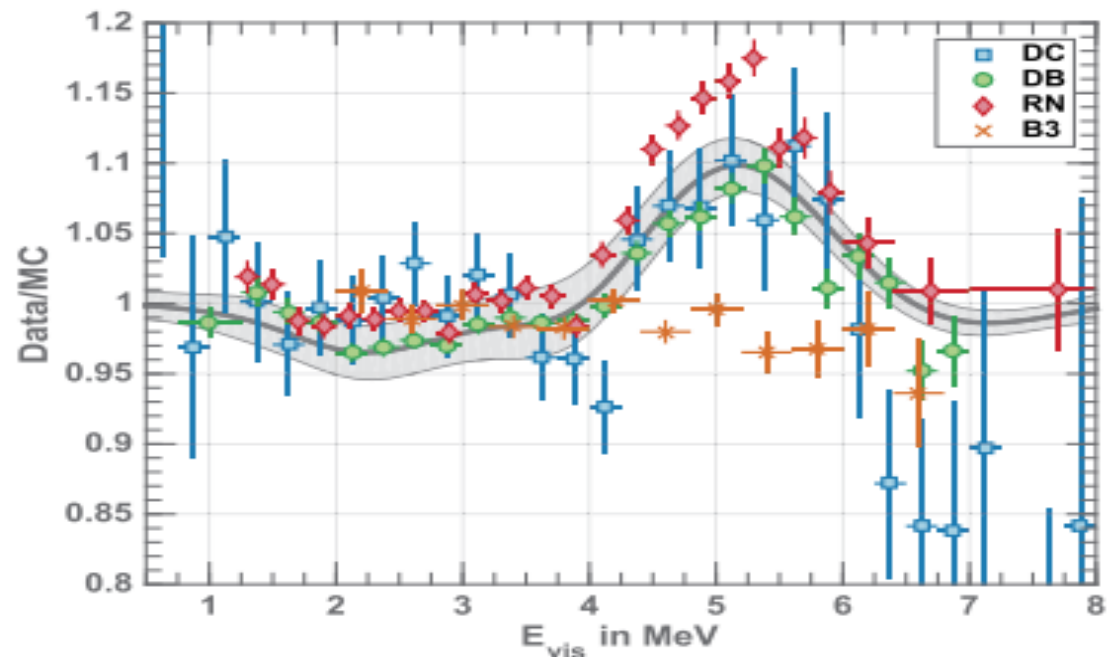
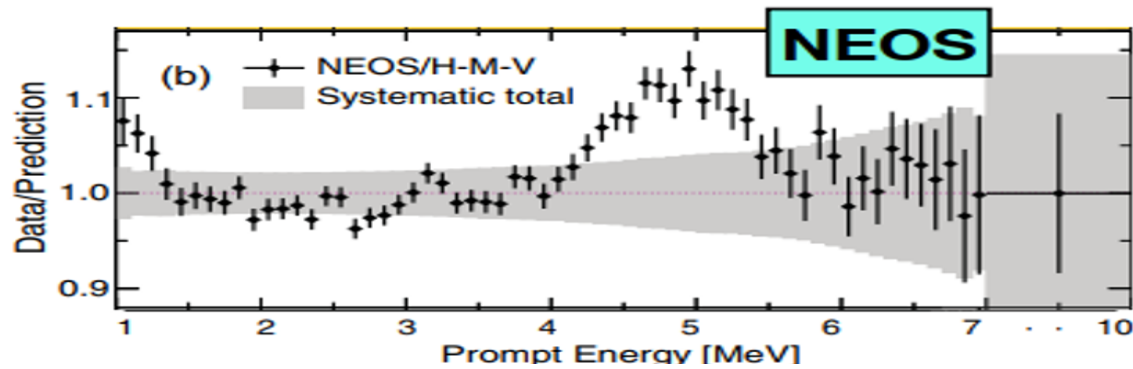


$\Delta^2 m_{\text{SOL}} \ll \Delta^2 m_{\text{ATM}} \ll \Delta^2 m_{\text{СТЕРИЛЬНОЕ}}$

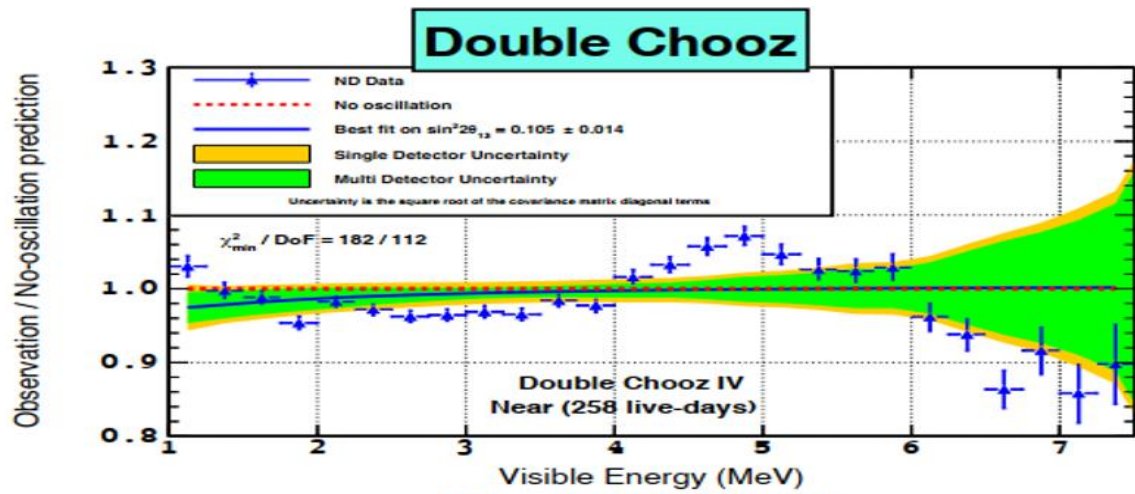
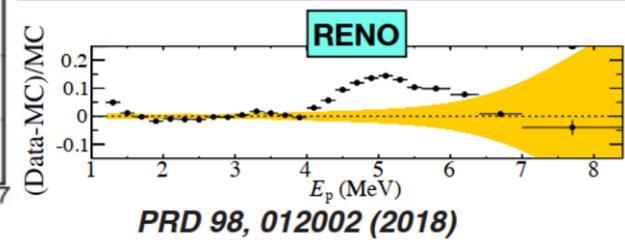
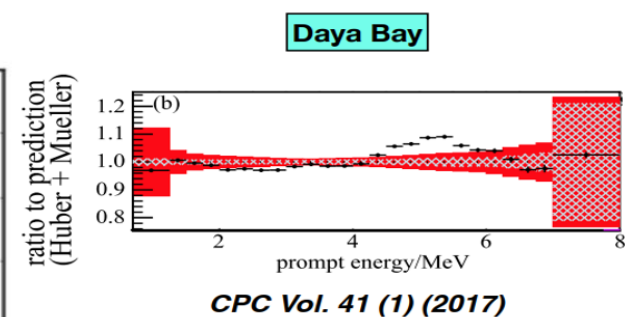
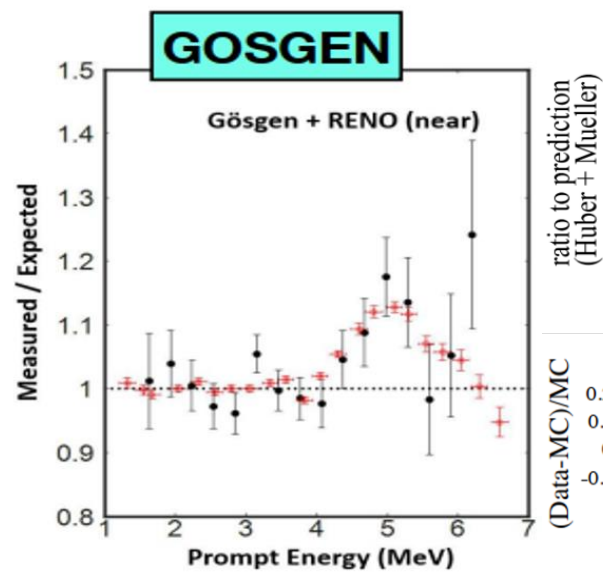


Лучший фит RAA:
 $\sin^2(2\theta_{\text{NEW}}) \sim 0.1, \Delta m^2_{\text{NEW}} \sim 2 \text{ eV}^2$

Реакторная спектральная аномалия



Physics Letters B 773 (2017)



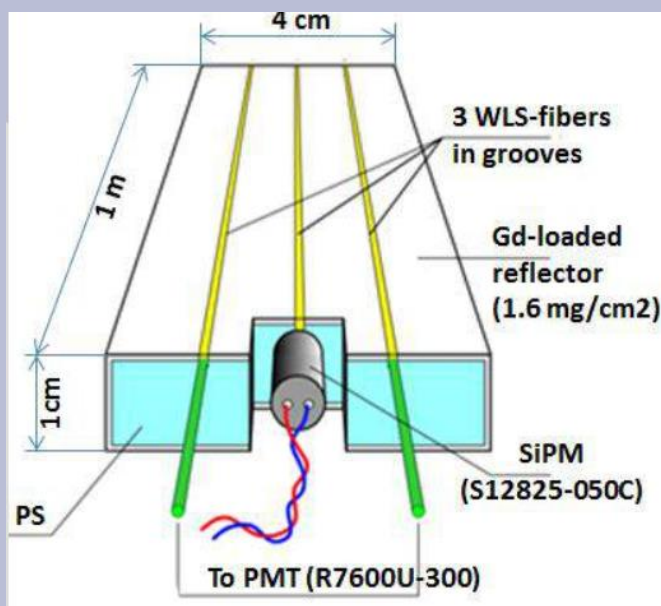
Избыток событий – «плечо», «бугор» в области 4-6 MeV наблюдается в большинстве реакторных экспериментов – эффект активно изучается, но понимания его природы до сих пор нет.

Мотивация

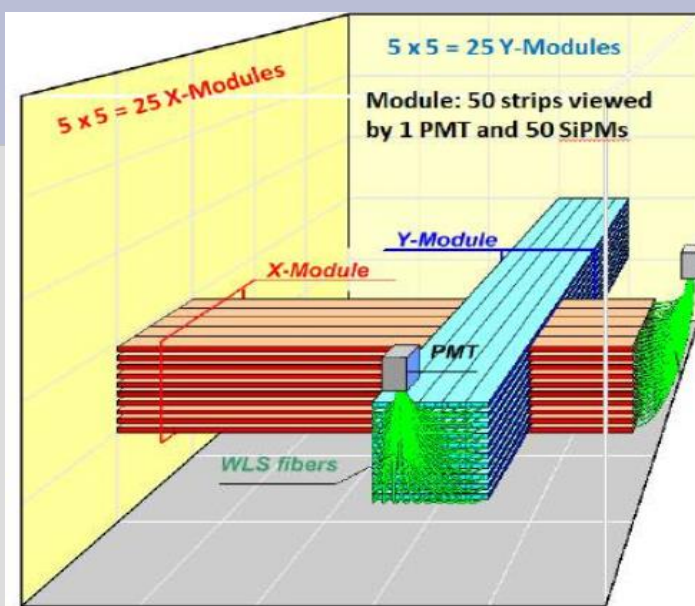
- **Нужны качественные измерения реакторных антинейтрино на короткой базе (5-20 м) для проверки гипотезы стерильного нейтрино – фундаментальный вопрос.**
- **Прецизионное измерение спектра реакторных антинейтрино – критическая информация для нейтринных осцилляционных экспериментов (уменьшение систематики), решение загадки спектральной аномалии.**
- **Разработка технологий для прикладного мониторинга реакторов – нераспространение ядерных материалов, нейтринная томография реактора и др.**

Конструкция спектрометра DANSS

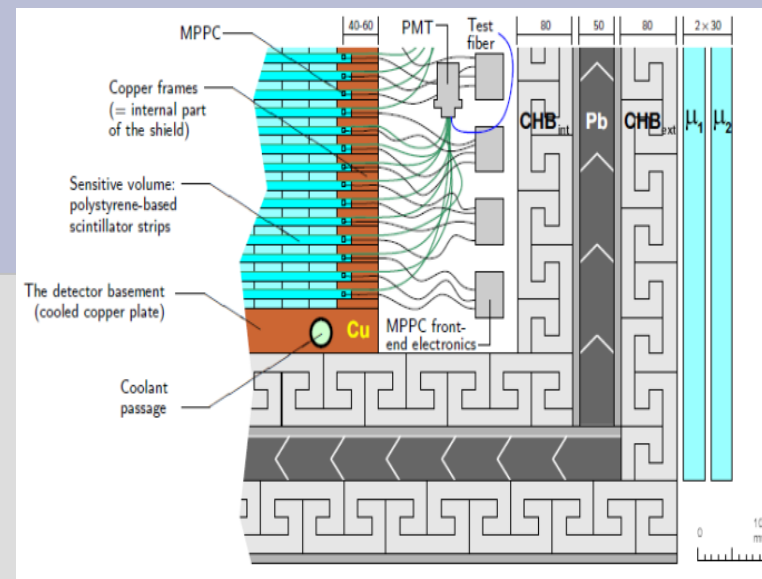
Ячейка (стрип)



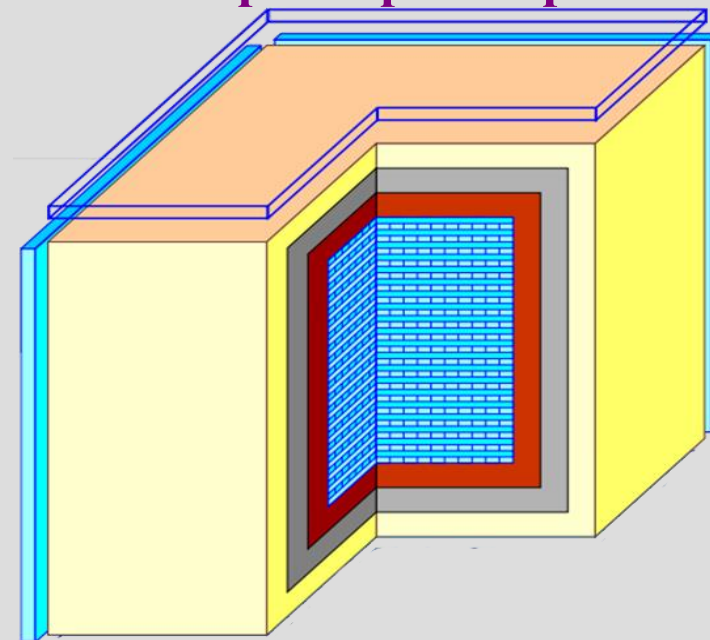
Модуль



Защита

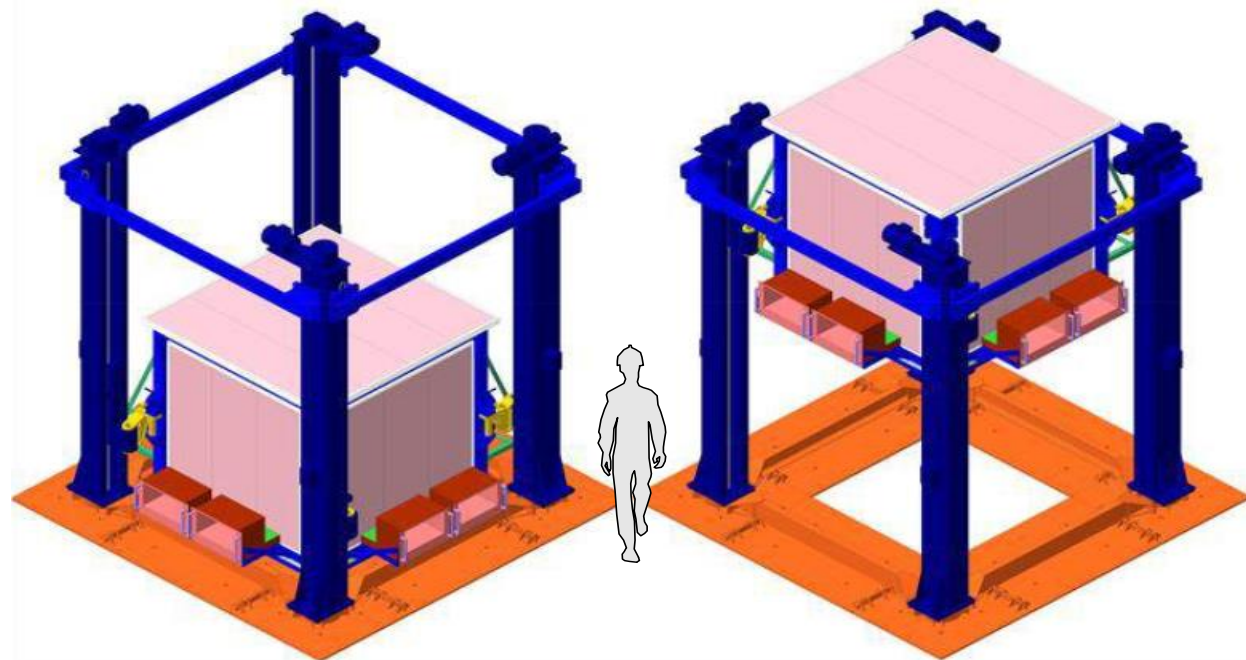
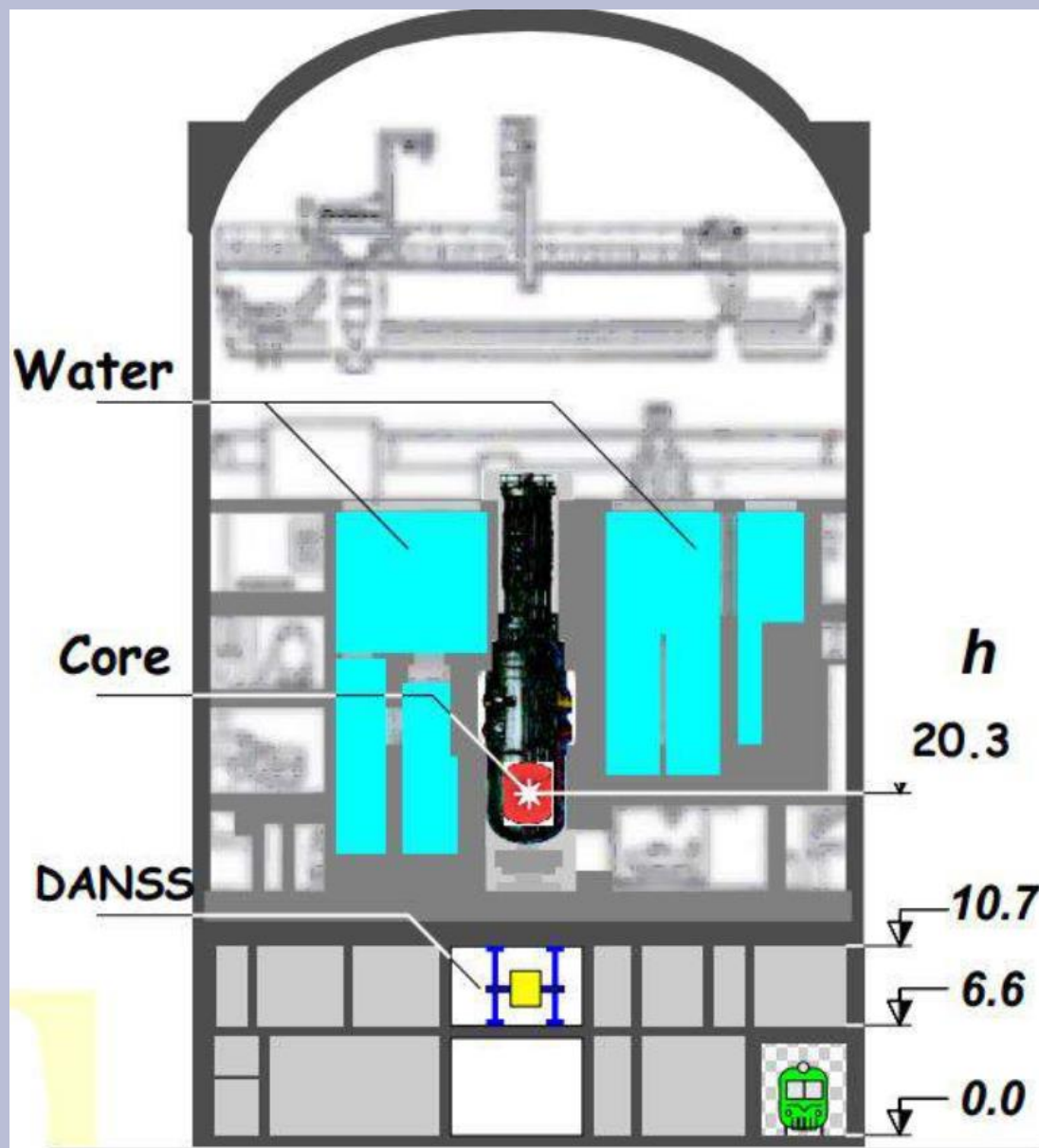


Спектрометр в сборе



- ❖ 1 м³, сильно-сегментированный нейтринный спектрометр из 2500 стрипов из пластмассового сцинтиллятора (ПС), наблюдаемых 2500 SiPM и 50 ФЭУ (1/5 x 10 стрипов = 1 модуль).
- ❖ 2D-съем сигнала с 3D-реконструкцией.
- ❖ Многослойная пассивная защита: Cu/CHB/Pb/CHB=5/8/5/8 см
- ❖ Активное мюонное вето (2 x 3 см ПС-пластины со всех сторон кроме низа)

Локация и подвижная платформа

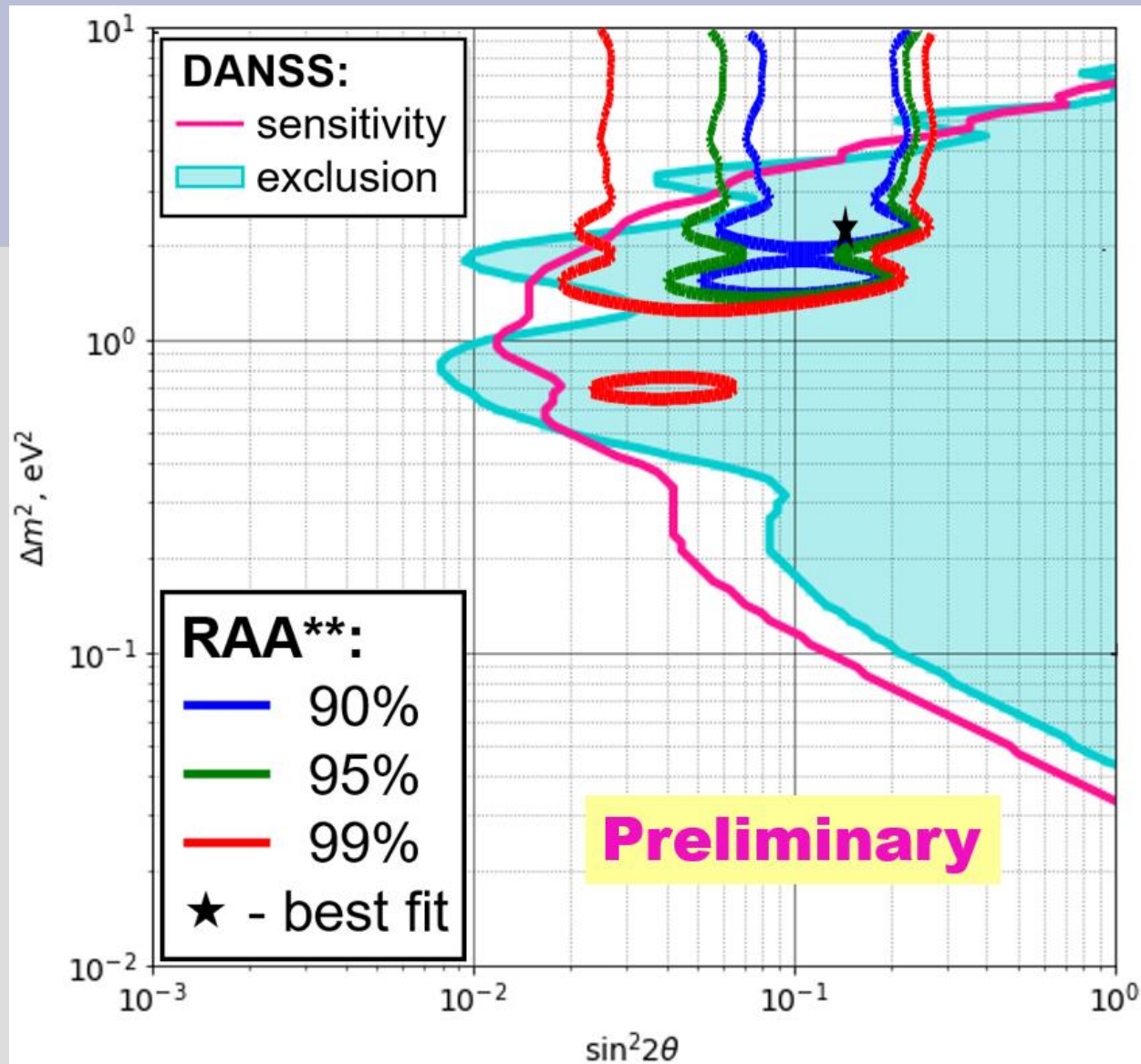
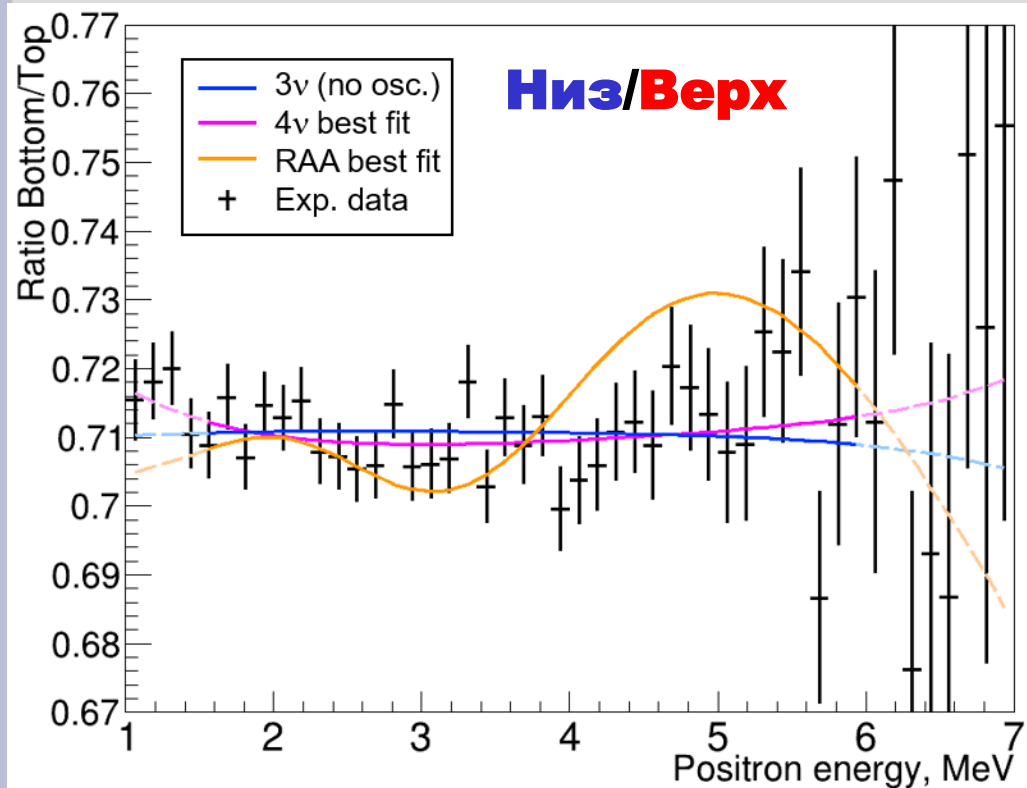


- ❖ DANSS расположен под 4-м блоком КАЭС (ВВЭР-1000, 3.1 ГВт, $H=3.6$ м, $\varnothing=3.1$ м), обеспечивающим ~ 50 м.в.э. (6-кратное подавление космических μ).
- ❖ Расположение на подвижной платформе.
- ❖ Набор данных осуществляется в трех позициях: **10.9** м (Верх, Up, Top), **11.9** м (Середина, Middle), and **12.9** м (Низ, Down, Bottom), сменяющихся циклично со скоростью 1 полный цикл за неделю.

Ключевые результаты DANSS & вклад ОИЯИ

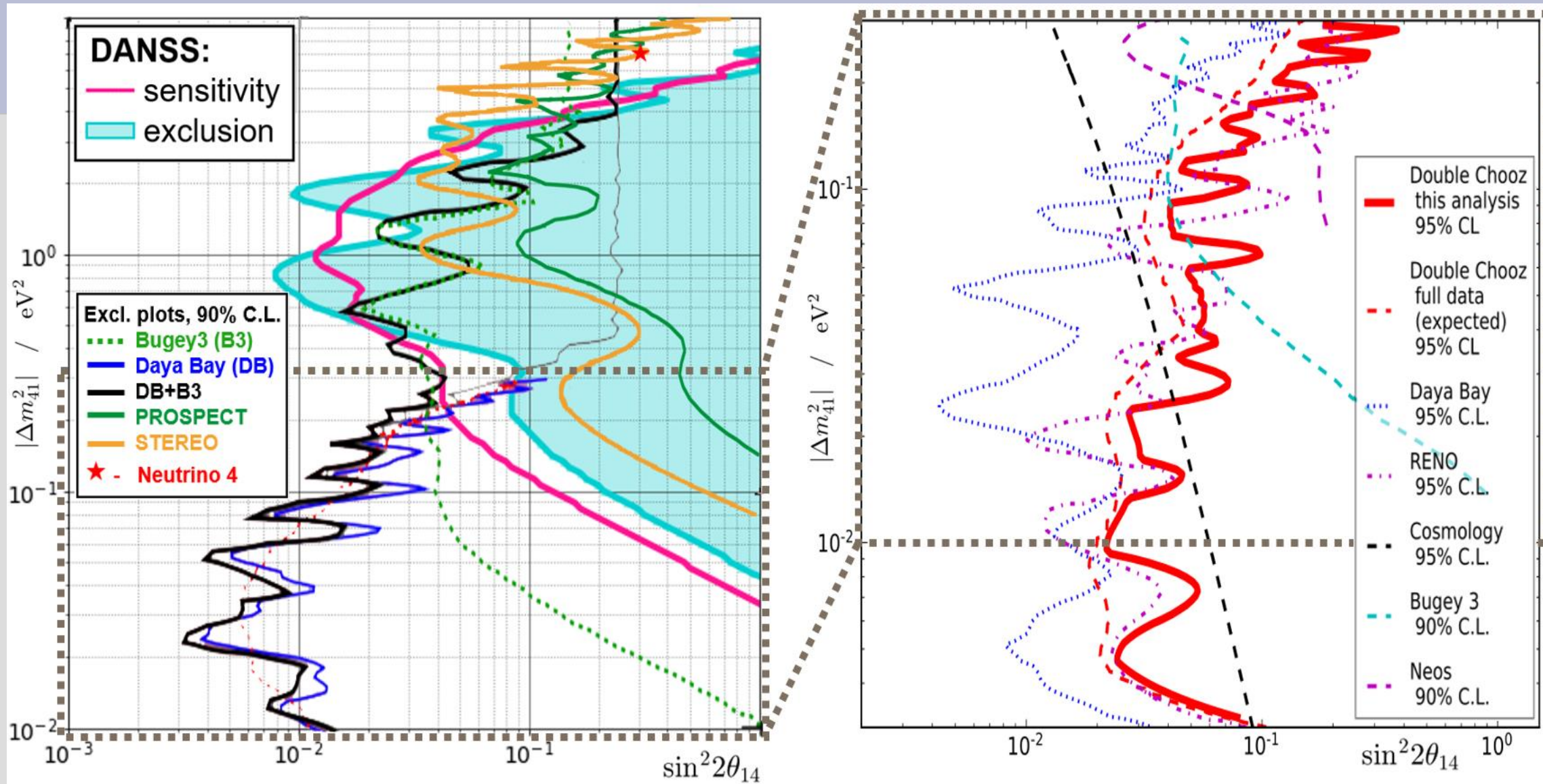
- Изобретение инновационной методики измерений, впервые примененной для нейтринных спектрометров. (ОИЯИ)
- Создание прототипа спектрометра DANSSINO, на котором успешно была отработана методика и измерен энергетический спектр реакторных антинейтрино. (ОИЯИ)
- Предложение и реализация разностного метода измерений (подвижная платформа), свободного от ряда важных систематических ошибок. (ОИЯИ)
- Построение, отладка и запуск долгосрочных измерений на полномасштабном детекторе DANSS, смонтированном под четвертым энергоблоком Калининской АЭС. (ОИЯИ)
- Измерение энергетических спектров реакторных антинейтрино на разных расстояниях от реактора, получение наилучших ограничений на существование стерильного нейтрино в существенной области фазового пространства $3+1$ модели.
- Демонстрация высокоточного (1.5% на двухдневной статистике) мониторинга мощности реактора при помощи детектора DANSS в долгосрочных измерениях.
- Демонстрация чувствительности детектора DANSS к структуре ядерного топлива (U/Pu).

Основной результат DANSS



** - G.Mention J.Phys.:Conf.Ser. 408 (2013) 012025

Результаты DANSS vs. конкуренты





Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Дзелепова



Введите текст для поиска

[О НАС](#)

[НАУКА](#)

[НОВОСТИ](#)

[СЕМИНАРЫ](#)

[BAIKAL-GVD](#)

[ПРОСВЕЩЕНИЕ](#)

[ВОЙТИ](#)

Первая премия ОИЯИ за 2019 г. в номинации «Научно-исследовательские экспериментальные работы» присуждена коллективу ученых из эксперимента DANSS

Категория: [Главные новости](#)

Опубликовано: 19 марта 2020

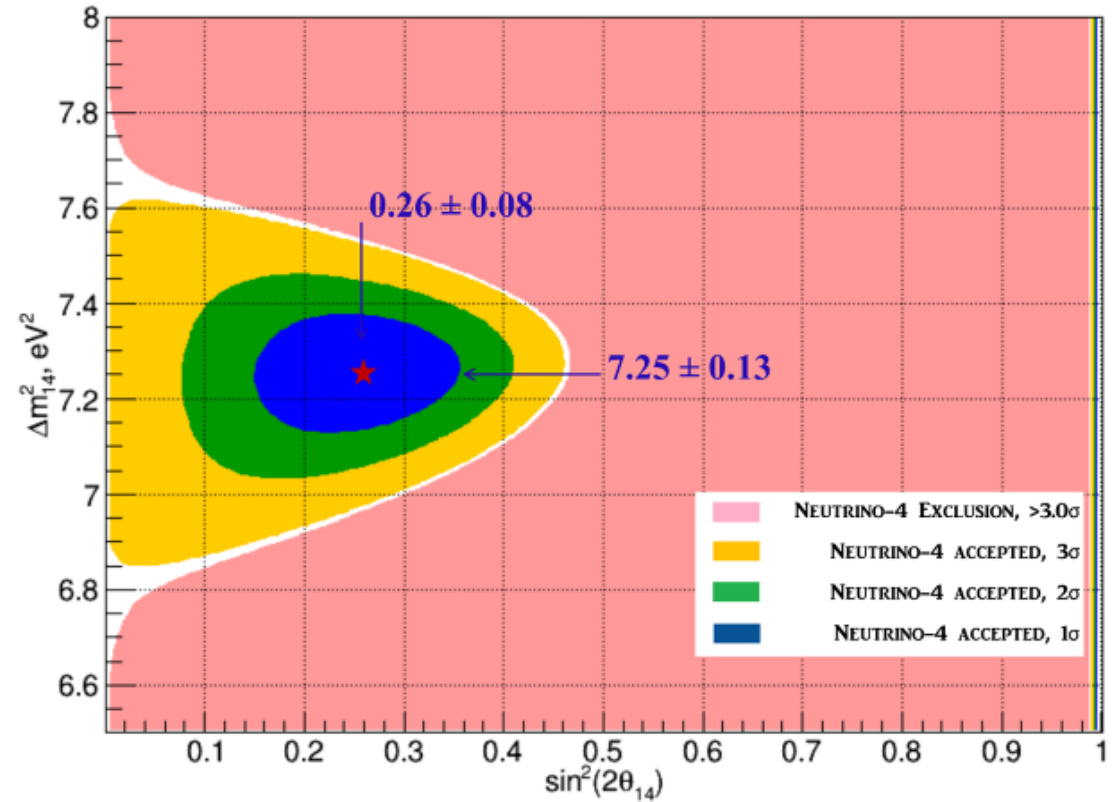
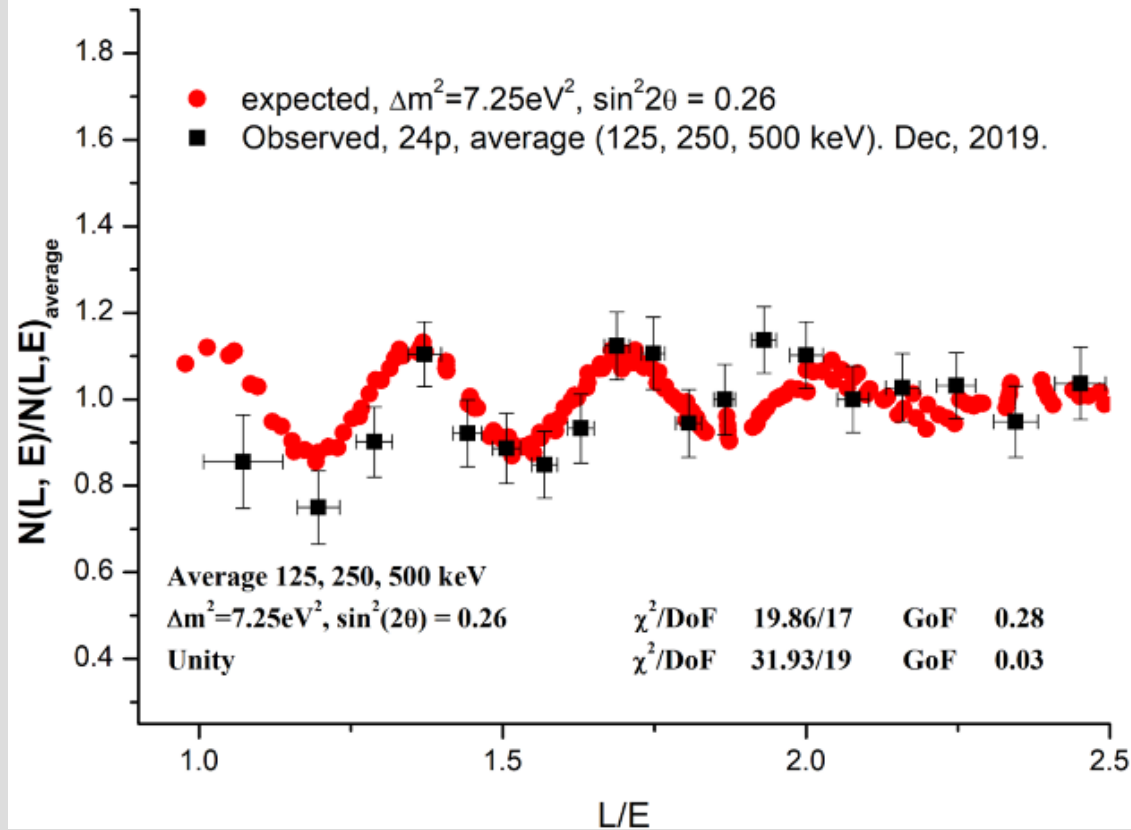


На 127-ой сессии Ученого совета ОИЯИ были утверждены ежегодные премии ОИЯИ за лучшие научные, научно-методические и научно-технические прикладные работы за 2019 г. В номинации «Научно-исследовательские экспериментальные работы» первую премию получил коллектив ученых ЛЯП из эксперимента DANSS за «Измерение энергетических спектров реакторных антинейтрино в проекте DANSS» в составе: В.В. Белов, В.Б. Бруданин, И.В. Житников, С.В. Казарцев, А.С. Кузнецов, Д.В. Медведев, М.В. Фомина, Е.А. Шевчик, М.В. Ширченко, Ю.А. Шитов.

Премии ОИЯИ присуждаются за выдающиеся экспериментальные, методические и прикладные работы по тематике Института, находящиеся на уровне современной науки, завершённые в текущем году. Ежегодно для рассмотрения представленных работ дирекцией Института формируется и назначается жюри в количестве 11 человек, включая секретаря. В состав жюри входят представители дирекции Института и ведущие ученые. Решение о присуждении премий вступает в силу после утверждения его Ученым советом ОИЯИ во время зимней сессии.

Нейтринный эксперимент DANSS предназначен для мониторинга параметров ядерного реактора и поиска

Neutrino-4 – есть сигнал?



Задачи на следующий период

- Создание модернизированного нейтринного спектрометра DANSS-2, обладающего рядом преимуществ по сравнению с предшественником DANSS: лучшим разрешением, увеличенным размером, большой однородностью при меньшем количестве мертвых слоев внутри детектора.
- Более прецизионное измерение спектра реакторных антинейтрино, важное для решения проблемы спектральной аномалии.
- Увеличение тестируемого фазового пространства возможных осцилляций в стерильное нейтрино, включая достижение точки сигнала, декларируемого в эксперименте NEUTRINO-4.
- Разработка компактного спектрометра S3 для решения прикладных задач мониторинга реактора.

Модернизированный DANSS-2

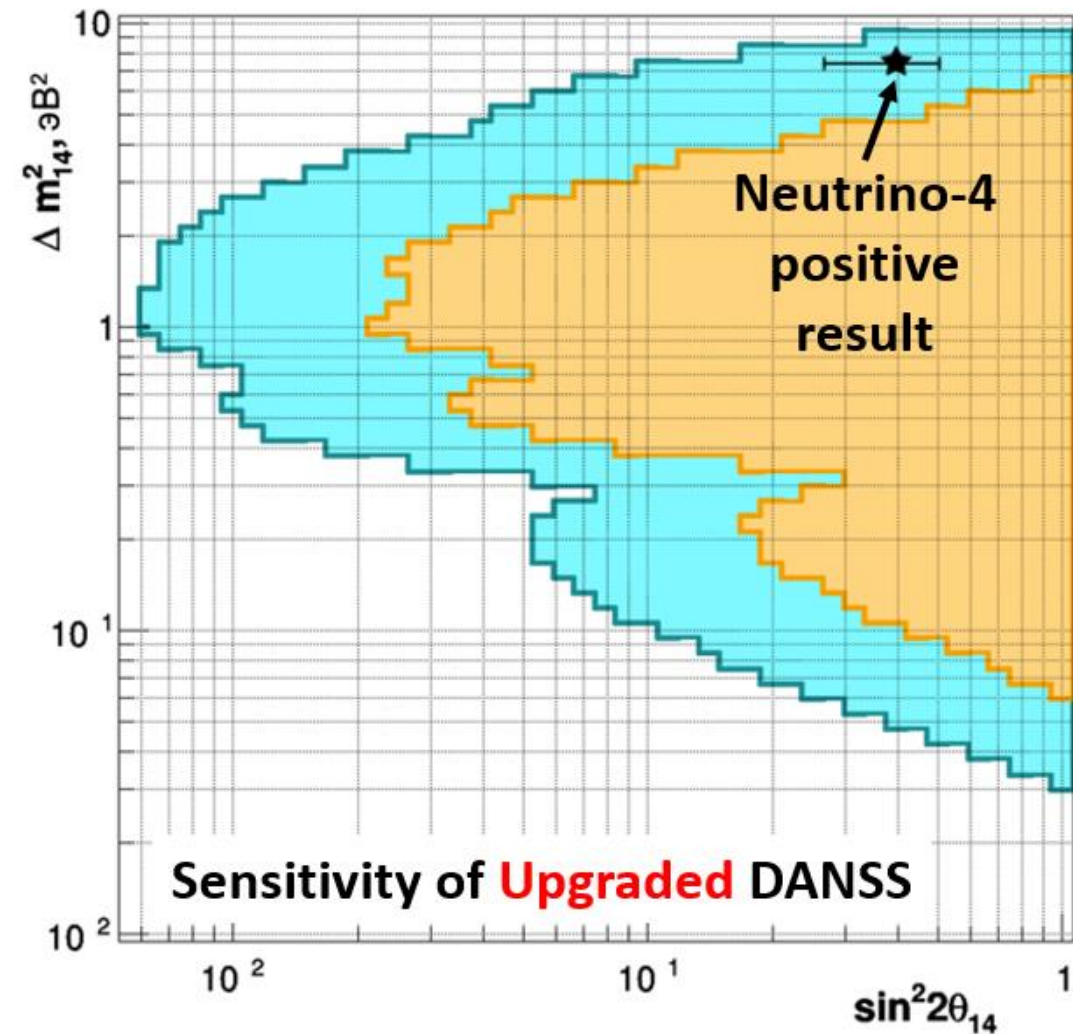
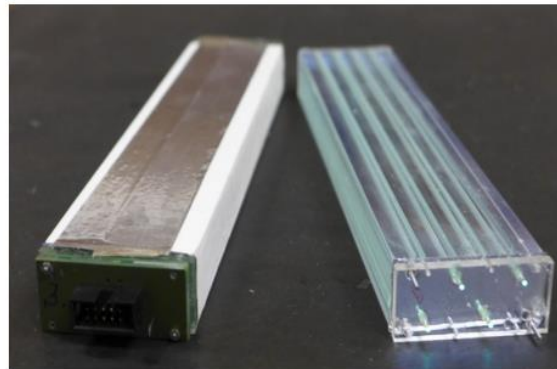
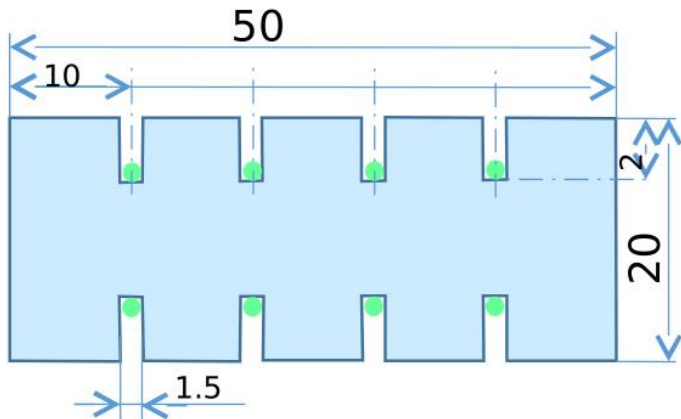
Главная цель: достичь разрешения **$15\%/\sqrt{E}$** по сравнению с текущими $34\%/\sqrt{E}$.

Новая геометрия:

Стрипы: **$2 \times 5 \times 120 \text{ см}^3$** с двухсторонним светосбором

Структура: **60 слоев x 24 стрипа: 1.7 м^3** , та же защита и подвижная платформа.

Gd: фольги между слоями.



Планы

- **2021 – середина 2022** R&D по дизайну DANSS-2, изготовление 1440 стрипов DANSS-2 (процесс детально расписан в документе).
- **Середина 2022 – конец 2022** «Сухая» сборка (в ИТЭФ) для окончательного тестирования и отладки DANSS-2 в полной комплектации (за исключением защиты).
- **Начало 2022 – середина 2023.** Разборка DANSS, сборка, отладка и запуск DANSS-2 на КАЭС.
- **С середины 2023 года** – накопление статистики на DANSS-2, планируемая экспозиция – 2.5 года.
- **В течении всего времени** – поддержание работы установок на КАЭС, анализ данных, создание компактного спектрометра S3 для прикладных задач мониторинга.

DANSS: группа ОИЯИ

Сотрудники ОИЯИ			DANSS		DANSS-2		
			Виды работ на нейтринных спектрометрах				
Фамилия	Должность	доля ставки	Обслуживание спектрометра	Анализ данных, симуляции	R&D	Монтаж, электроника	Анализ данных, симуляции
Бруданин В.Б.	нач.отд	0.1	координация всех работ				
Шитов Ю.А.	нач.сек	0.5	руководство всеми работами и участие в них				
Белов В.В.	мнс	0.3	+	+	+	+	+
Вольных В.П.	вед. инж	0.1		+			+
Житников И.В.	нс	0.5	+	+	+	+	+
Казарцев С.В.	мнс	0.2	+		+	+	+
Киянов С.П.	ст. инж	0.2	+		+	+	
Кузнецов А.С.	инж	0.9	+		+	+	+
Мамедов Ф.	снс	0.5		+	+	+	+
Мачихильян И.В.	ст. инж	0.5		+			+
Медведев Д.В.	нс	0.3	+			+	
Пушков Д. С.	ст. инж	0.3	+			+	
Розова И.Е.	инж	0.4			+	+	
Саламатин А.В.	снс	0.1		+	+	+	
Философов Д.В.	нач.сек	0.1			+	+	
Фомина М.В.	мнс	0.4		+	+	+	+
Шевчик Е.А.	ст.инж	0.2	+		+	+	+
Итого		5.6					

DANSS: финансы

Форма № 26

**Предлагаемый план-график и необходимые ресурсы для продления проекта
«Детектор реакторных антинейтрино на основе пластмассового
сцинтиллятора DANSS»**

Наименования затрат, ресурсов, источников финансирования		Стоим. (\$ тыс.). Потребности в ресурсах	Предложение ЛЯП по распределению финансирования и ресурсов			
			1 год	2 год	3 год	
Затраты	Материалы для детектора DANSS-2 (стрипы, SiPM, фибры и т.п.)	520	180	160	180	
	Расходные материалы (оптич. клей, разъемы, кабель, и т. п.)	30	10	10	10	
	Материалы для S3 (фибры, электроника, компьютеры)	30	10	10	10	
	Итого	580	200	180	200	
Необходим. ресурсы	Нормо-час	Ресурсы – конструкторского бюро лаборатории,	300	100	100	
		– опытного производства лаборатории,	600	200	200	
Источники финансирования	Бюджет. средства	Затраты из бюджета, в том числе инвалютные средства	580	200	180	200
		Вклады коллаборантов.	0	0	0	0
	Внебюдж. ср-ва	Средства по грантам.	0	0	0	0

Форма № 29

**Смета затрат по продлению проекта
«Детектор реакторных антинейтрино на основе пластмассового
сцинтиллятора DANSS»**

NN	Наименование статей затрат	Полная стоимость	1 год	2 год	3 год
Прямые расходы на Проект					
1.	Компьютерная связь	\$ 6 тыс.	2	2	2
2.	Конструкторское бюро	300 нормо-час	100	100	100
3.	Опытное производство	600 нормо-час	200	200	200
4.	Материалы	\$ 360 тыс.	140	100	120
5.	Оборудование	\$ 220 тыс.	60	80	80
6.	Транспортировка оборудования	\$ 25 тыс.	15	10	0
7.	Проведение рабочих совещаний	\$ 15 тыс.	5	5	5
8.	Командировочные расходы, в т.ч.	\$ 90 тыс.	30	30	30
	а) в страны нерублевой зоны		-	-	-
	б) в города стран рублевой зоны	\$ 90 тыс.	30	30	30
	в) по протоколам		-	-	-
Итого по прямым расходам:		\$ 716 тыс.	252	227	237

Публикации

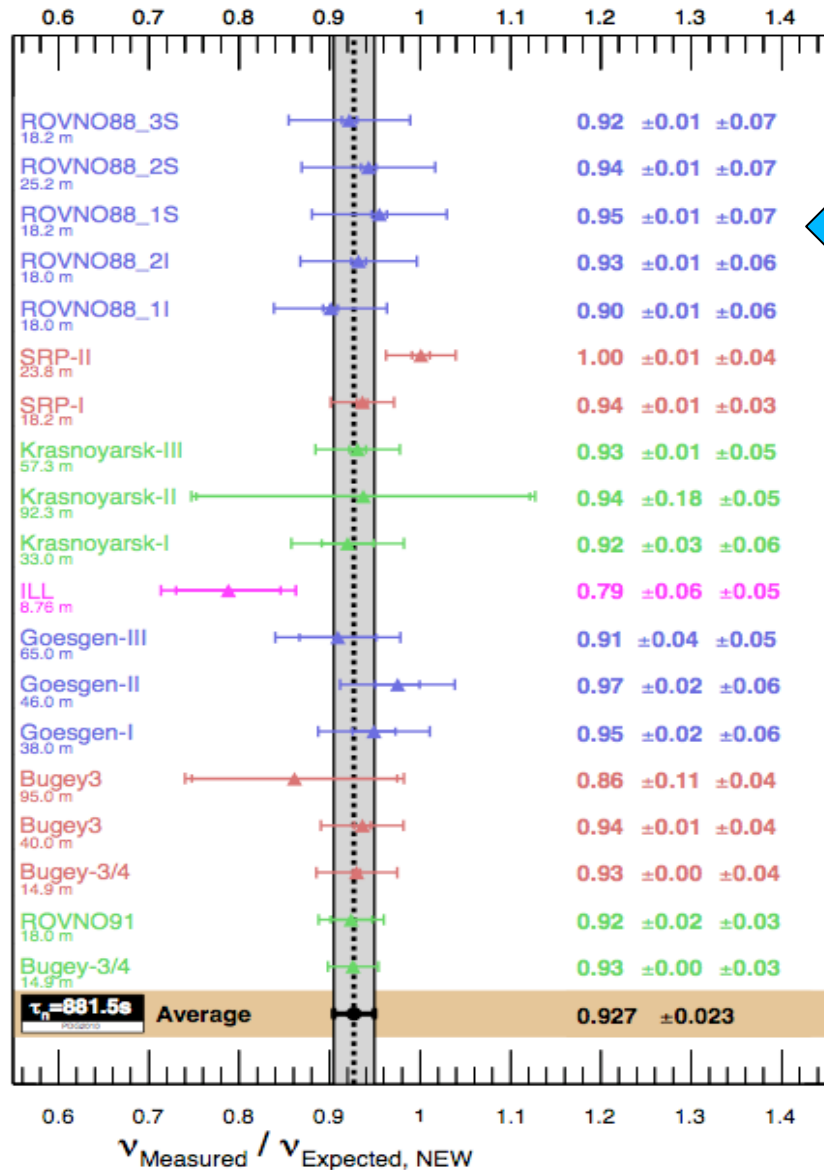
1. I.G. Alekseev et al., DANSSino: a pilot version of the DANSS neutrino detector, *Phys.Part.Nucl.Lett.* 11 (2014) 473-482, DOI: 10.1134/S1547477114040050
2. I.G. Alekseev et al., DANSS: Detector of the reactor AntiNeutrino based on Solid Scintillator, *JINST* 11 (2016) no.11, P11011, DOI: 10.1088/1748-0221/11/11/P11011
3. I.G. Alekseev et al., DANSS Neutrino Spectrometer: Detector Calibration, Response Stability, and Light Yield, *Phys.Part.Nucl.Lett.* 15 (2018) no.3, 272-283, DOI: 10.1134/S1547477118030020
4. I.G. Alekseev et al., Search for sterile neutrinos at the DANSS experiment, *Phys.Lett.* B787 (2018) 56-63, DOI: 10.1016/j.physletb.2018.10.038
5. И.Г.Алексеев и др., Мониторирование мощности промышленного реактора по счету антинейтрино в детекторе DANSS, *Ядерная физика*, Том 82, номер 5, 2019, стр. 371-381, DOI: 10.1134/S0044002719050040
6. D. Svirida et al., Searches for sterile neutrinos at the DANSS experiment, *PoS NOW2018* (2019) 066, DOI: 10.22323/1.337.0066
7. N.A. Skrobova et al., Calibration of the DANSS Detector with Cosmic Rays, *Bull.Lebedev Phys.Inst.* 45 (2018) no.10, 325-328, DOI: 10.3103/S106833561810010X
8. Mikhail Danilov et al., Recent results of the DANSS experiment, *Nuovo Cim.* C41 (2019) 162, DOI: 10.1393/ncc/i2018-18162-0
9. I.G. Alekseev et al., Reactor antineutrino physics with DANSS experiment, *PoS ICHEP2018* (2019) 060, DOI: 10.22323/1.340.0060
10. I.G. Alekseev et al., Measurements of the Reactor Antineutrino with Solid State Scintillation Detector, *Int.J.Mod.Phys.Conf.Ser.* 46 (2018) 1860044, DOI: 10.1142/S2010194518600443
11. D. Svirida et al., Electronics of the data acquisition system of the DANSS detector based on silicon photomultipliers, *Phys.Part.Nucl.* 49 (2018) no.1, 84-85; *Fiz.Elem.Chast.Atom.Yadra* 49 (2018) no.1, DOI: 10.1134/S1063779618010367
12. Machikhiliyan et al., Reconstruction and initial calibration of silicon photomultipliers response in the DANSS experiment, *Phys.Part.Nucl.* 49 (2018) no.1, 70-72, *Fiz.Elem.Chast.Atom.Yadra* 49 (2018) no.1, DOI: 10.1134/S1063779618010276
13. N. Pogorelov et al., Light output distribution in scintillator strips with wave length shifting fibers of DANSS spectrometer, *J.Phys.Conf.Ser.* 934 (2017) no.1, 012055, DOI: 10.1088/1742-6596/934/1/012055
14. I.G. Alekseev et al., Detector of the reactor AntiNeutrino based on Solid-state plastic Scintillator (DANSS). Status and first results. *J.Phys.Conf.Ser.* 798 (2017) no.1, 012152, DOI: 10.1088/1742-6596/798/1/012152
15. Zdenek Hons, Jakub Vlášek , Data Acquisition System for Segmented Reactor Antineutrino Detector, *JINST* 12 (2017) no.01, P01022, DOI: 10.1088/1748-0221/12/01/P01022
16. M.Danilov et al., Sensitivity of the DANSS detector to short range neutrino oscillations, *PoS EPS-HEP2013* (2013) 493, *Nucl.Part.Phys.Proc.* 273-275 (2016) 1055-1058, DOI: 10.22323/1.180.0493
17. I.G. Alekseev et al., DANSSino: a pilot version of the DANSS neutrino detector, *Phys.Part.Nucl.Lett.* 11 (2014) 473-482, DOI: 10.1134/S1547477114040050
18. V. Belov et al., Registration of reactor neutrinos with the highly segmented plastic scintillator detector DANSSino, *JINST* 8 (2013) P05018, DOI: 10.1088/1748-0221/8/05/P05018

Конференции (группа ОИЯИ)

1. Игорь Житников, Status of the DANSS experiment. Международная сессия-конференция Секции ядерной физики ОФН РАН "Физика фундаментальных взаимодействий", посвященная 50-летию Баксанской нейтринной обсерватории
2. Доклад LXVIII International conference NUCLEUS 2018: Actual status of "DANSS" project
Доклад New Trends in High-Energy Physics 2018: Actual status of "DANSS" project Вячеслав Белов + 1 доклад Фомина М.В.
3. International Workshop on Particle Physics at Neutron Sources 2018, DANSS, М.Ширченко.
4. 6th Symposium on Neutrinos and Dark Matter in Nuclear Physics 2018. <https://indico.ibs.re.kr/event/212/>, М.Ширченко, DANSS
5. Yu. Shitov Status of the DANSS project / AAP 2018, 14th International Workshop on Applied Antineutrino Physics, 10-11 October 2018, Livermore, California, USA <https://neutrinos.llnl.gov/content/assets/docs/workshops/2018/AAP2018-DANSS-Shitov.pdf>
6. Yu. Shitov New results from the DANSS experiment / LP2019 XXIX International Symposium on Lepton Photon Interactions at High Energies, 5-10 August 2019, Toronto Canada, <https://indico.cern.ch/event/688643/contributions/3429530/>
7. Yu. Shitov Search for a light sterile neutrino at SBL reactor experiments / Seminar at University of Comenius, Bratislava, Slovakia, 14 November 2018. https://fmph.uniba.sk/detail-novinky/back_to_page/fakulta-matematiky-fyziky-a-informatiky-uk/article/translate-to-english-nuklearny-seminar-yuri-shitov-14112018/
8. Yu. Shitov, The DANSS project: resent status / Colloquium Prague 19, 24-25 October 2019, J. Heyrovsky Institute of Physical Chemistry <https://indico.cern.ch/event/802062/timetable/#all.detailed>
9. Yu. Shitov, Recent results from DANSS / NuPhys2019, Prospects in Neutrino Physics, 16-18 December 2019, London, UK, Invited oral talk is foreseen <https://indico.cern.ch/event/818781/timetable/#all.detailed>
10. Yu. Shitov, Recent results from the DANSS experiment, Neutrino-2020, Chicago, online, June 22-July 2, 2020 <https://indico.fnal.gov/event/43209/timetable/#20200622.detailed>
11. Irina Machikhilyan The DANSS neutrino spectrometer: the results of reactor antineutrino studies, Nucleus-2020, <https://indico.cern.ch/event/839985/timetable/#all.detailed>

Бонусные слайды

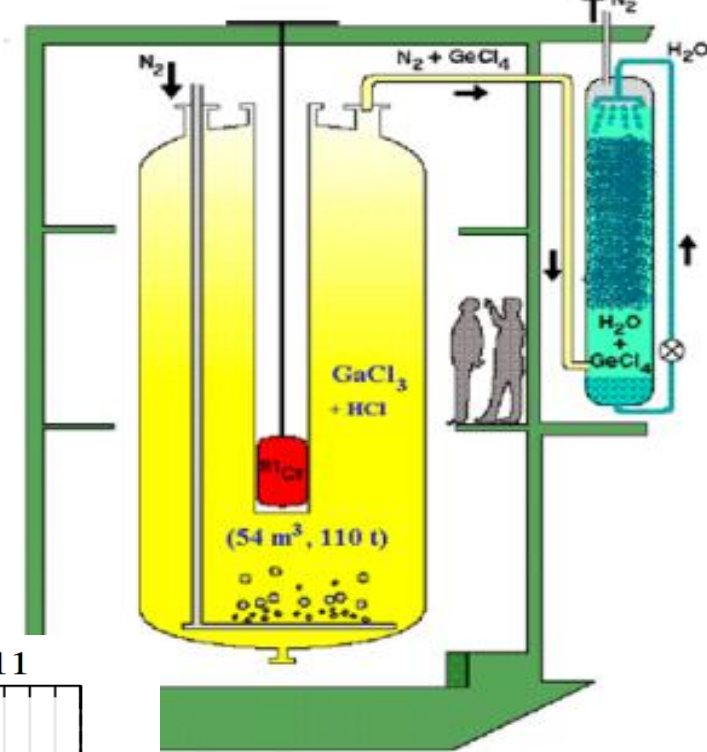
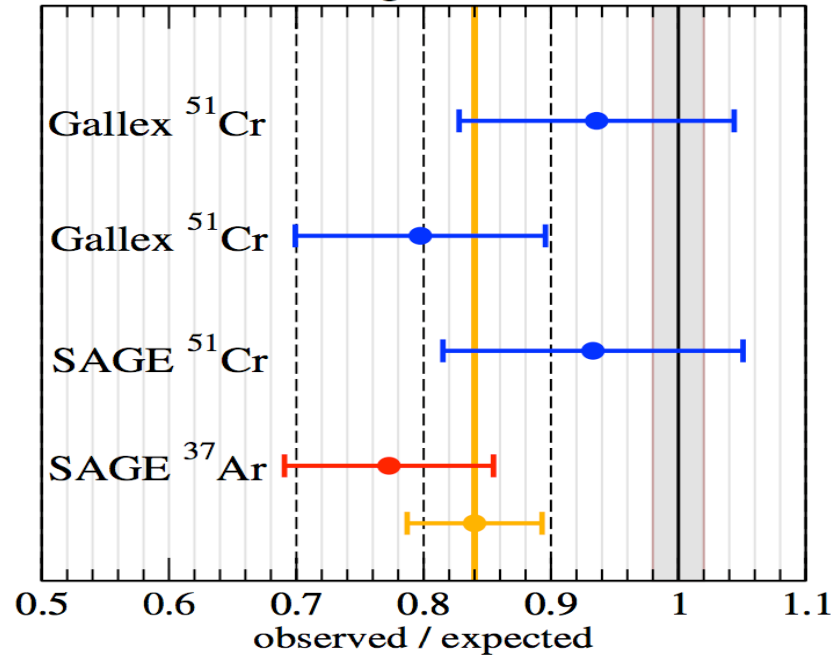
Реакторная и галиевые аномалии



Phys. Rev C 83, 054615 (2011)

**Отношение потока
измеренных нейтрино к
расчетному потоку от
реактора: 0.93 ± 0.02 (3σ)**

Gallium data using Frekers et al PLB11

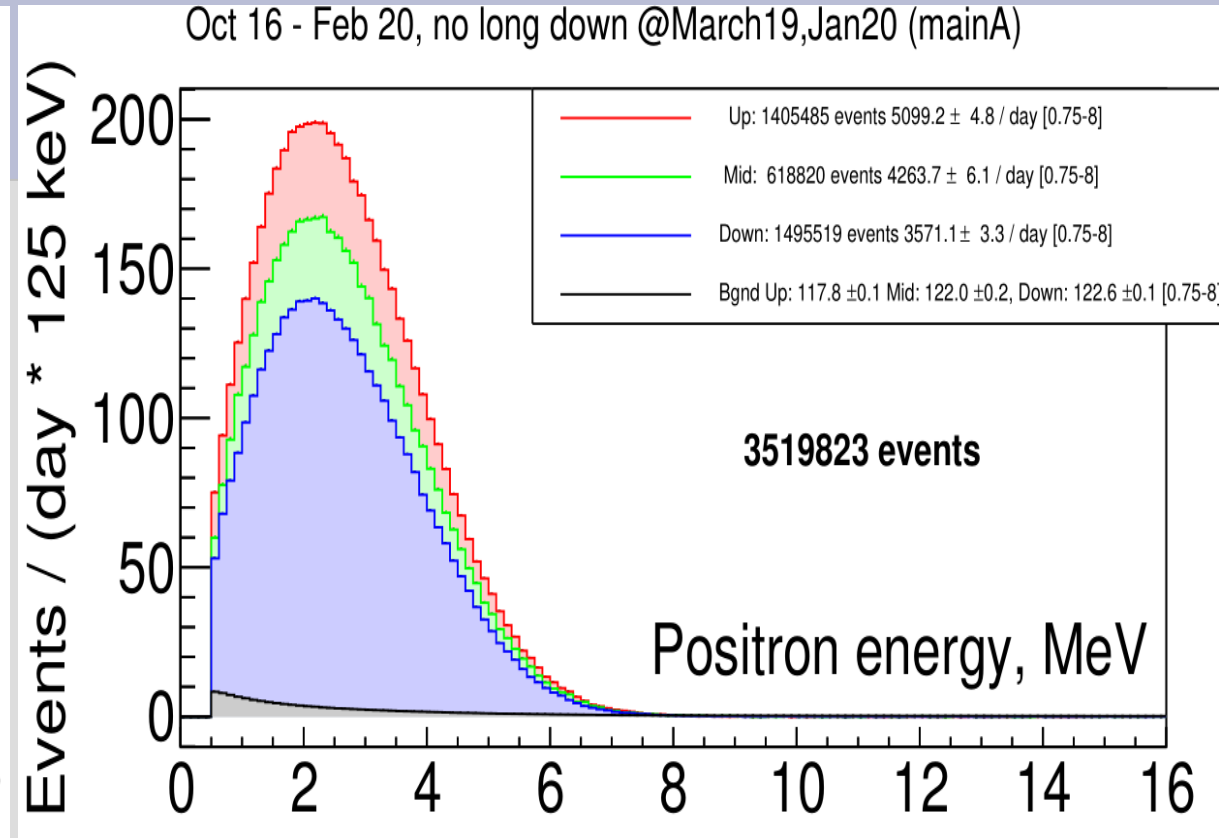
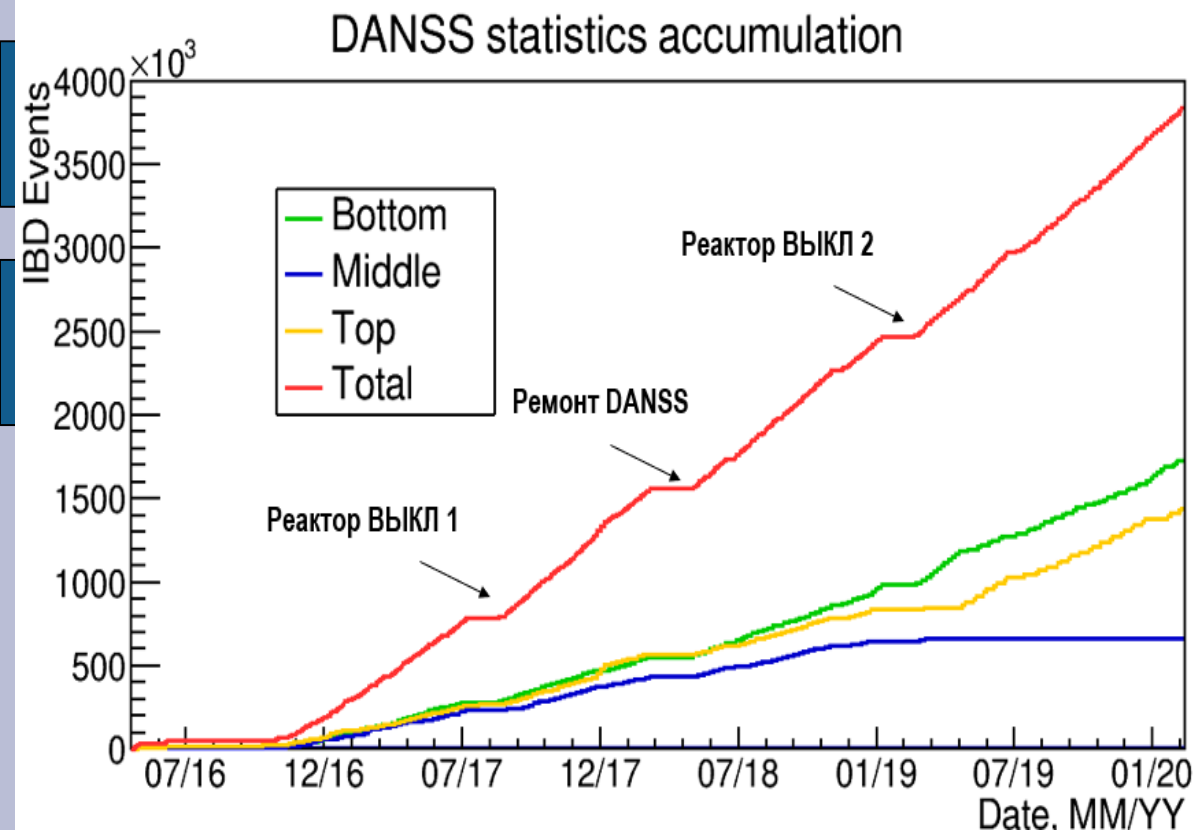


**Отношение
измеренных к
расчетному: 14 ± 6
% ($>2\sigma$)**

Detector Assembly

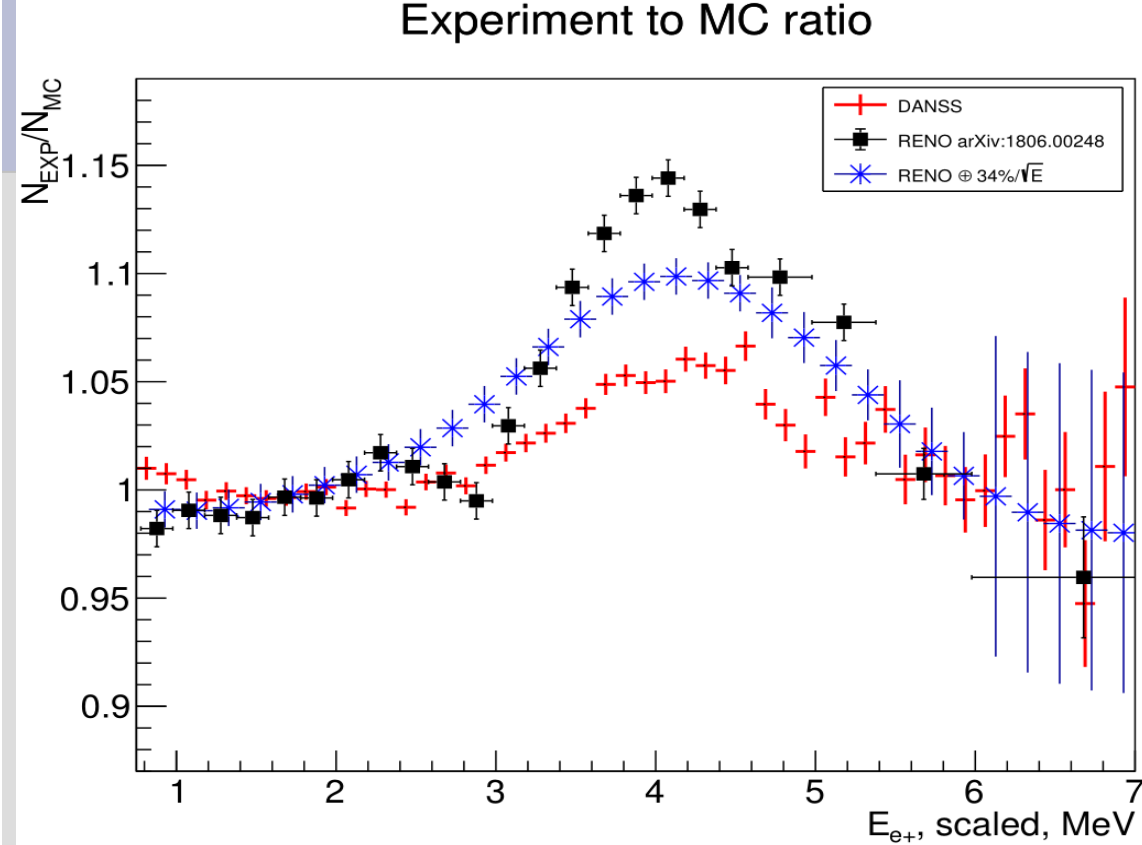
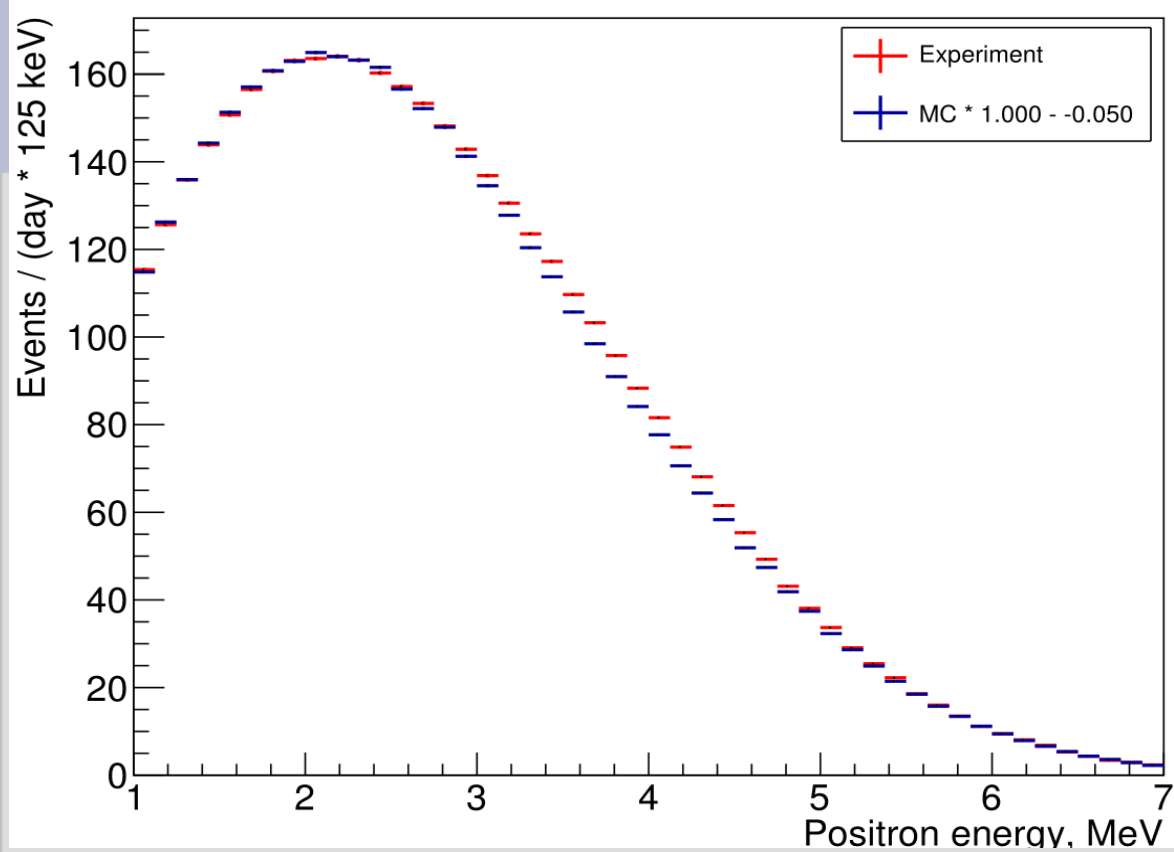


Статистика и спектр позитронов от ОБР



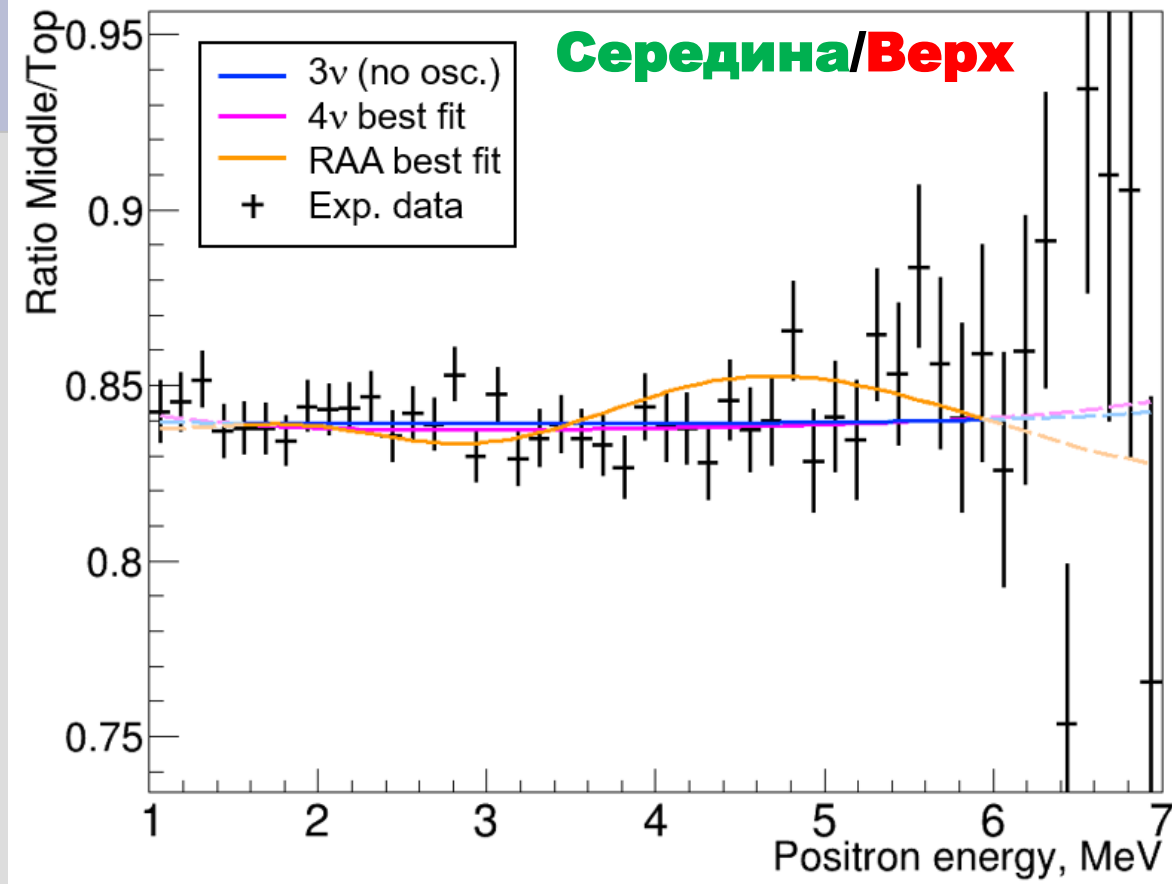
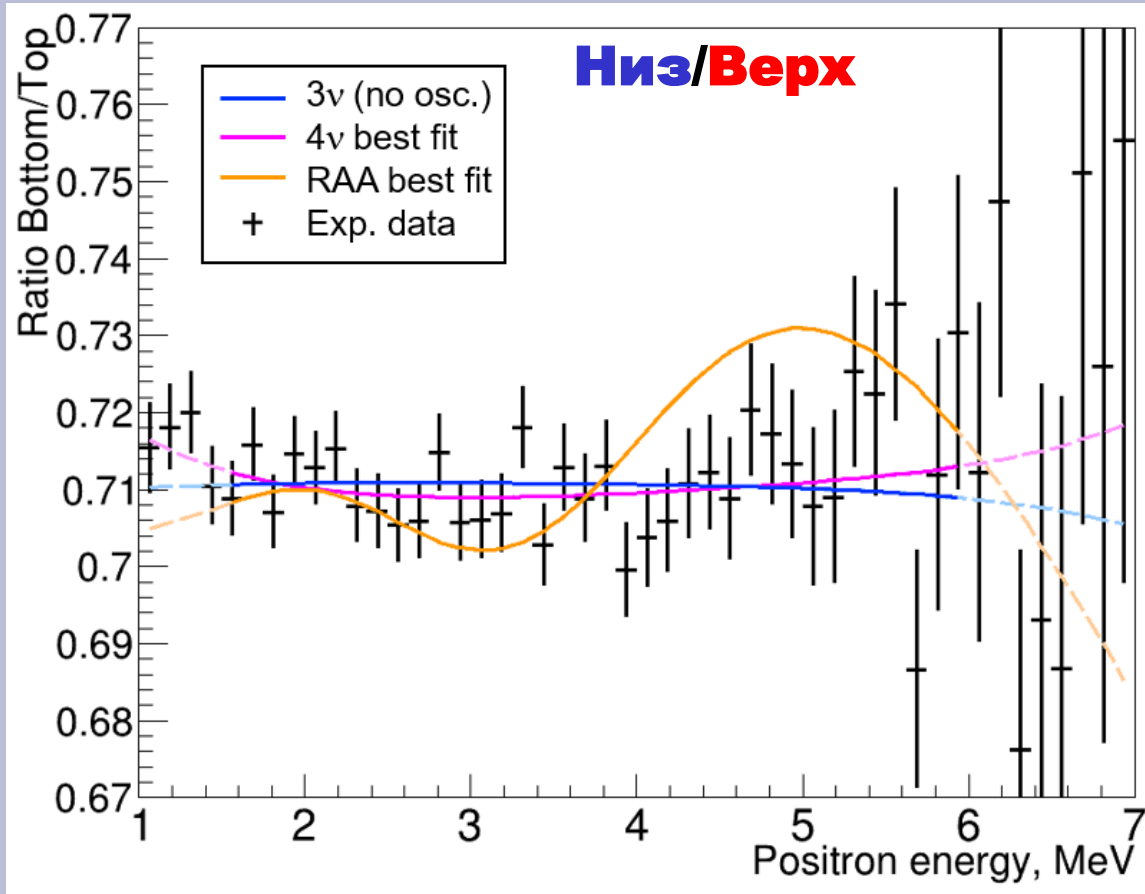
- ❖ Слева – статистика набора данных **> 4М ОБР-событий** (~1М/год) включая **1.4М/1.5М** событий в **Верх/Низ** позициях
- ❖ Справа - чистые позитронные спектры @ 3 позициях (без гамма-квантов от аннигиляции позитрона). **~5000 событий в день** в фидуциарном объеме (78% от всего) @ **‘Вверх’** позиции (ближайшей к реактору).

Позитронный спектр: данные vs. теория



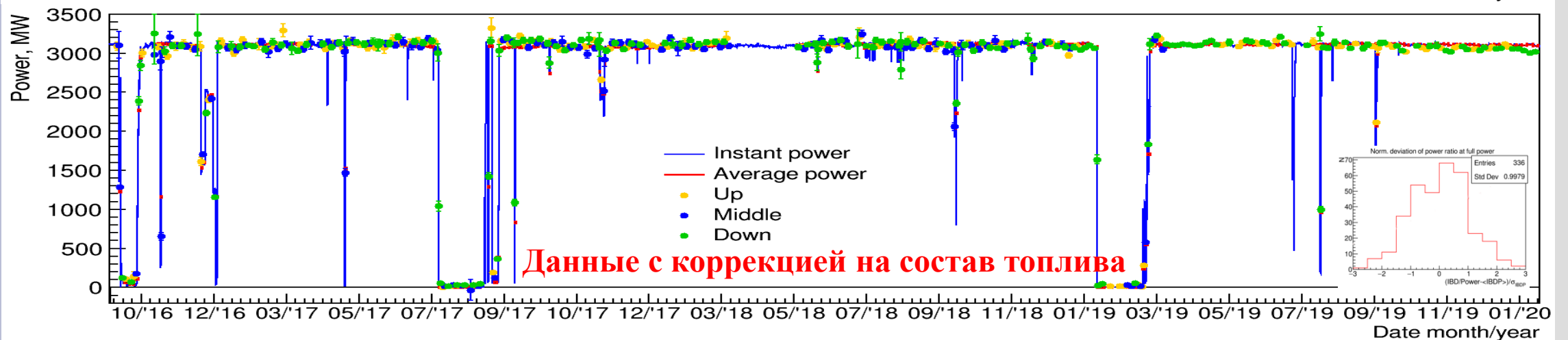
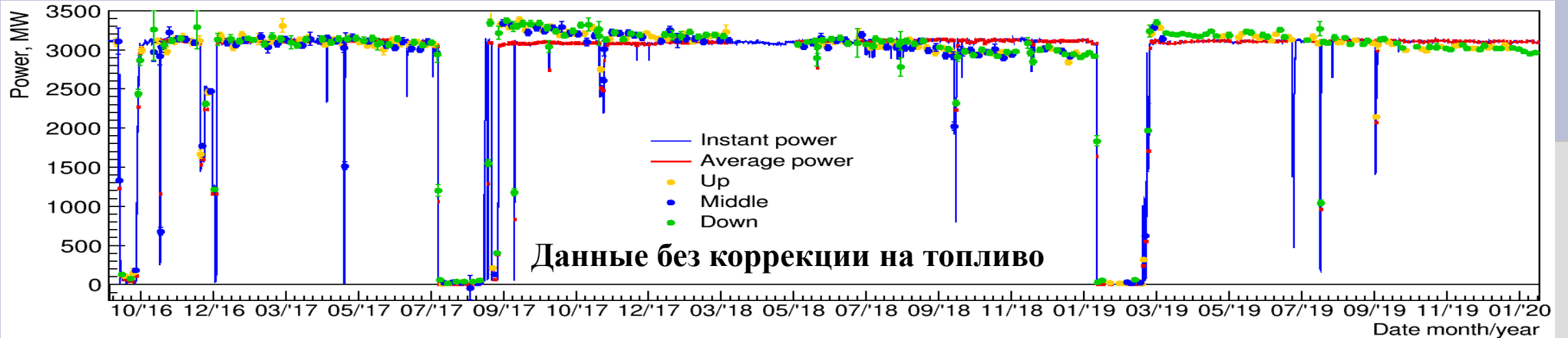
- ❖ Оптимальное сходство эксперимента с теории происходит при сдвиге теоретического спектра на 50 кэВ. Причина сдвиги до сих пор исследуется.
- ❖ С учетом этого сдвига мы наблюдаем «бугор» как и в других экспериментах.
- ❖ Окончательное существование бугра мы пока не подтверждаем, поскольку это сильно зависит от систематики калибровок, которая до сих пор изучается.

DANSS: отношение позитронных спектров



- ❖ На статистике 2016-2020 (~3М событий Низ/Вверх) **мы не видим значимого сигнала от стерильного нейтрино** ($\Delta\chi^2=5.5$ ($< 1.5 \sigma$) для 4ν-гипотезы). RAA исключено с $\Delta\chi^2= 53.6$ ($>5 \sigma$).
- ❖ Отношение Середина/Низ приведено для полноты и не пока использовано в анализе.

Мониторинг мощности и состава топлива реактора



- ❖ DANSS видит изменение состава топлива в ходе топливной компании.
- ❖ Мощность реактора измеряется DANSS с точностью 1.5% по 2-х дневной статистике измерений в течении 3+ лет.

Стенд для стрипов DANSS-2

