

## Важнейшие достижения Института ядерных исследований Российской академии наук в 3 квартале 2015 года

### *Разработка теоретических проблем физики элементарных частиц, фундаментальных взаимодействий и космологии.*

По данным обсерватории Telescope Array, измерено сечение неупругого взаимодействия протонов с воздухом. Получено сечение р-р взаимодействия при энергии в системе центра масс 95 ТэВ. Такие энергии недоступны на современных ускорителях и могут быть исследованы только посредством наблюдения взаимодействия космических лучей ультравысоких энергий. Получена величина сечения протон-воздух 570 мбарн со статистической ошибкой 70 мбарн и систематической 30 мбарн. Сечение р-р рассеяния 170 мбарн со статистической ошибкой 45 мбарн и систематической 17 мбарн [1,2].

С.В. Демидов и Д.С.Горбунов получили предсказания для индуцированного распада нуклонов в классе моделей с асимметричной тёмной материей, который носит название "хилогенезис". В рамках этих моделей предполагается, что тёмная материя состоит из двух компонент, скаляра и фермиона с массами порядка 1-3 ГэВ. Их взаимодействие с кварками первого поколения осуществляется через так называемый "нейтронный" портал. Одной из наиболее ярких сигнатур, присущих данной модели, является предсказание существования распадов протона и нейтрона индуцированных столкновениями с частицами тёмной материи. В этой работе рассмотрены варианты индуцированных распадов с разными вариантами конечных состояний: фотоном, электрон-позитронной парой или двумя пионами. Показано, что с учётом ограничений, накладываемых на эту модель поисками частиц тёмной материи на LHC, соответствующие времена жизни нуклонов могут достигать значений доступных для поиска в таких экспериментах как HyperKamiokande и DUNE. По результатам работы подготовлен препринт [3].

Был завершён анализ возможного распределения барионного вещества около нашей Галактики при помощи меры дисперсии, измеряемой по сигналам от пульсаров в шаровых скоплениях и Магеллановых облаках. Было показано, что NFW-профиль не подходит для распределения плотности горячего газа, необходимого для объяснения проблемы потерянных барионов в Галактике [4].

А.Л. Катаевым совместно с В.С. Молокеевым получено 4-х петлевое выражение для ренорм-групповой beta-функции КХД в V-схеме, в которой учитываются трёх-петлевые поправки к статическому потенциалу КХД. Данный потенциал играет важную роль в определении свойств тяжелых кваркониев (состоящих из с и b кварков). Результаты применяются для определения сравнения с выражениями четырёх-петлевых приближений beta-функции КХД в схеме минимальных вычитаний - V-схеме и в минимальной вычитательной схеме MOM в калибровке Ландау. Изучено поведение  $O(\alpha_s^4)$  - приближений для полного сечения электрон-позитронной аннигиляции в адроны при высоких энергиях до начала проявления эффектов подпроцесса электрон-позитрон -  $Z^0$  в адроны. Показано что на 4-петлевом приближении в V-схеме поправки ТВ имеют меньшее значение. Вычислен 4-х петлевой аналог beta-функции в V-схеме в КЭД. Отмечено, что конформные симметрии фиксируют схемную независимость линейных по числу лептонов вкладов в эти РГ функции. Выведено общее соотношение между различием высших поправок ТВ в функцию Гелл-Мана Лоу и beta-функцию в V-схеме [5].

### *Физика и техника сильноточных ускорителей на средние и промежуточные энергии.*

Основные усилия в третьем квартале были направлены:

– На модернизацию систем ускорителя, ремонт и профилактику оборудования ускорителя.

– На модернизацию каналов транспортировки пучка на нейтронные источники ИН-06 и СВЗ-100.

– На выполнение обязательств Института по договорам со сторонними организациями.

Среди работ по модернизации систем ускорителя следует выделить работы по переводу мощных модуляторов системы питания начальной части ускорителя на генераторные триоды ГИ-71А вместо модуляторных триодов ГМИ-44А, снятых с производства. Замена лампы выполнена на резервном канале, который может работать на любой из пяти ускоряющих резонаторов. Проведены испытания при работе на резонатор №2 – второй по величине потребляемой импульсной мощности. После проведения ряда доработок, как модулятора, так и подмодулятора, получено номинальное поле в резонаторе. Однако для окончательного вывода о работоспособности генераторной лампы в качестве модуляторной необходимы длительные испытания в пучковом сеансе. Вместе с тем, начаты работы по модернизации еще двух каналов.

Продолжены работы по модернизации каналов транспортировки пучка на экспериментальном комплексе, включая положение электромагнитных элементов, вакуумную систему, систему питания, систему диагностики пучка, систему управления, систему измерения потерь, систему доступа.

Продолжено выполнение НИР по договору с ЦЕРН, Швейцария по теме «Разработка, изготовление, лабораторные испытания, поставка и наладка измерителя продольного распределения заряда в сгустках для канала транспортировки из ускорителя Linac-4 в бустер». Измеритель отправлен в ЦЕРН.

Продолжено выполнение НИР по контракту с лабораторией GSI, Германия по теме «Разработка, изготовление, испытания, поставка и наладка Измерителя формы сгустков (BSM) с тремя сменяемыми ВЧ дефлекторами и тремя сменяемыми электронными ВЧ трактами для линейных ускорителей GSI и проекта FAIR (линейный ускоритель протонов, ускоритель UNILAC и линейный ускоритель непрерывного действия)». Продолжается изготовление оборудования.

Завершено выполнение НИР по договору с ОИЯИ по теме «Разработка и изготовление опытных образцов масс-спектрометра атомарного пучка и блоков питания импульсного генератора плазмы для источника поляризованных ионов водорода и дейтерия». Проведены испытания опытных образцов масс-спектрометра атомарного пучка и блоков питания импульсного генератора плазмы на стенде в ИЯИ РАН в ОИЯИ.

Продолжено выполнение НИР по договору с DESY по теме «Исследование, разработка и запуск электродинамических систем стенда фотоинжектора для исследования формирования сгустков электронов сверхвысокой яркости».

Начато выполнение НИР по контракту с комплексом FRIB Мичиганского университета, США по теме «Разработка, изготовление, поставка и наладка Измерителя Формы Сгустков для Комплекса пучков редких изотопов (FRIB) MSU». Ведется разработка эскизного проекта.

Начато выполнение НИР по договору с ИФВЭ с «Разработка узлов источника ионов водорода Н-минус для каскада ускорителей ЛУ-30 и У-1.5»

Финансирование работ, выполняемых по договорам, осуществляется исключительно из средств, получаемых по соответствующим договорам.

### ***Радиоизотопные исследования***

#### ***1. Изучение процесса наработки стронция-82 на ускорителе ИЯИ РАН.***

В рамках соглашения О НАУЧНОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ МЕЖДУ ФЕДЕРАЛЬНЫМ ГОСУДАРСТВЕННЫМ БЮДЖЕТНЫМ УЧРЕЖДЕНИЕМ НАУКИ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАН (ИЯИ РАН), КОМПАНИЕЙ NUCLEAR MEDICINE SOLUTIONS, Inc. (NMS) с участием Лос-Аламосской национальной лаборатории (тема соглашения: Исследования с радиоизотопами для научных и

медицинских целей, номер соглашения: NMS 141014, от 14 октября 2014 г.) согласовано с американской стороной продление договора и разработан план продолжения исследований в ноябре-декабре 2015 г.

*2. Модернизация установки по получению стронция-82 – Стенда облучения радиоизотопных мишеней на пучке линейного ускорителя ИЯИ РАН.*

Разработано техническое задание и заключен договор с п/л «Луч» Росатома на изготовление нового литиевого входного окна при работе на высокоинтенсивном пучке протонов.

Завершена разработка пакета 18 инструкций по изготовлению рубидиевых мишеней для получения стронция-82, их облучения на Стенде радиоизотопных мишеней линейного ускорителя и отправки этих мишеней для переработки.

*3. Модернизация генератора рубидия-82 и изучение режимов его эксплуатации*

В рамках действующего научного соглашения между ИЯИ РАН и ARRONAX GIP от 9 февраля 2009 г. продолжены работы по двум направлениям: улучшение гидродинамических характеристик колонки генератора рубидия-82 и участие в разработке автоматизированной инъекционной системы для ввода диагностического средства в пациента.

Разработана и испытана новая версия генераторной колонки, которая подходит для существующих моделей контейнеров, но обладает меньшим гидродинамическим сопротивлением в среднем на 36%. Новая колонка должна обладать лучшей сорбционной емкостью, что обеспечит больший объем элюента до проскока и более высокую производительность генератора. Это требует проведения еще экспериментов с радиоактивностью.

*4. Разработка технологии получения актиния-225 и радия-223 для терапии онкологических заболеваний*

Разработано техническое задание и разработана концепция нового проекта совместно с Филиалом НИФХИ им. Л.Я. Карпова и п/о «Луч» Г/к Росатом по разработке промышленной технологии получения больших количеств актиния-225 из ториевой мишени в металлической оболочке, облученной протонами с энергией от 158 МэВ на линейном ускорителе ИЯИ РАН.

Подготовлен ряд докладов и публикаций по радиохимическому выделению актиния-225, радия-223, протактиния/ урана-230 из ториевой мишени (см. ниже).

В рамках выполнения договора, заключенного между ИЯИ РАН и кафедрой радиохимии МГУ им. Ломоносова (№ 1-2013 от 01.02.2013) по разработке методики выделения актиния-225 из мишеней тория-232, облученных протонами средних энергий проведены следующие работы:

- Обработаны результаты экспериментов по определению коэффициентов распределения Ac, La, Ce и Pa в зависимости от природы и кислотности среды.

- Получены и проанализированы результаты экспериментов с лабораторным генератором  $^{225}\text{Ac}/^{221}\text{Fr}/^{213}\text{Bi}$  и изучена эффективность отделения  $^{213}\text{Bi}$  через промежуточный  $^{221}\text{Fr}$  и последующего концентрирования  $^{213}\text{Bi}$  с помощью катионообменной смолы Dowex 50x8 и экстракционно-хроматографической смолы Ac Resin (TrisKem).

- Обработаны результаты экспериментов по инкорпорированию радия-223 в частицы гидроксипатита различного размера, изучению кинетики его сорбции/десорбции в различных условиях.

Проведены рабочие совещания по темам:

- Новый проект по разработке технологии получения медицинского изотопа актиний-225;

- Организация полного технологического цикла производства АФС и генераторов Sr-82/Rb-82 на площадке АО "ГНЦ РФ-ФЭИ;

- Перспективы сотрудничества РАН и Г/к «Росатом» с Американской академией наук;

- Развитие проекта по внедрению генератора рубидия-82 в России и Европе для ПЭТ-диагностики; Разработка новых направлений сотрудничества между ИЯИ РАН и центра ARRONAX в области ядерной медицины и фундаментальных вопросов ядерной физики.

#### ***Поиск массы электронного антинейтрино: исследование систематических эффектов.***

- Завершено исследование вклада начальных состояний молекулы трития на ширину ровибрационной полосы в спектре конечных состояний дочернего молекулярного иона.
- Предложен новый критерий выделения сигнала стерильных нейтрино в спектре трития
- Исследовано влияние последних расчетов спектра конечных состояний на измеряемую величину квадрата массы нейтрино.
- Проведено исследование возможности регистрации электронов бета-распада трития с помощью микропиксельного лавинного фотодиода производства Zecotek Photonics Inc, Дубна.

#### ***Прямые лабораторные поиски тяжёлой компоненты нейтрино в кинематике радиоактивных распадов.***

Поиск тяжёлых нейтрино в бета-распаде газообразного трития в области масс, которая недоступна в осцилляционных экспериментах: от десятков электронвольт до 8-10 кэВ

- В июле 2015 года на установке «Троицк ню-масс» успешно проведён отладочный сеанс с частичным включением вакуумной системы без запуска сверхпроводящих магнитов. Испытаны элементы вакуумной системы, а также патрон очистки от остаточных газов, проверены отдельные программные элементы контроля параметров установки.

- Испытаны элементы вакуумной системы, проведена полная замена вакуумного масла во всех форвакуумных насосах.

- Проведена оптимизация объёма циркуляции изотопов водорода. С помощью частичного наполнения контура в тёплом режиме дейтерием определены пассивные ответвления и патрубки системы, которые в дальнейшем отсечены. Это позволило уменьшить объём и, соответственно, количество газа на 25%. Сделаны чертежи и отданы в производство отдельные недостающие вакуумные элементы контура.

- На вакуумном стенде с помощью электронной пушки продолжены испытания предусилителей с новым типом детекторов низкоэнергичных электронов на основе лавинных фотодиодов.

#### ***Поиск редких мюонных процессов с нарушением лептонных чисел (эксперимент $\text{Mu}2e$ ).***

Проведены новые измерения, с помощью космических мюонов, энергетического разрешения кристалла LYSO с лавинными фотодиодами (APD 10x10мм<sup>2</sup> Hamamatsu) для калориметра международного эксперимента  $\text{Mu}2e$  (FNAL, США). Измеренное энергетическое разрешение кристалла улучшено на 38% и составляет величину равную  $\sigma_E/E = 0.13\%/\sqrt{E}$  в области энергий (E) - 30 МэВ.

#### ***Поиск тёмной материи Вселенной.***

Для поиска частиц тёмной материи Вселенной с массой менее 0.5 Гэв/c<sup>2</sup> создана камера объёмом 200 литров, заполняемая газовой смесью неон + водород (0-1 бар) с детектирующей системой: газовый электронный умножитель в сочетании с анодом-острием.

### ***Исследование подпорогового рождения легких векторных мезонов и заряженных каонов в протон и фотоядерных реакциях.***

1) Проведены дополнительные расчеты импульсного спектра  $\eta'$  мезонов в инклюзивной реакции ( $\gamma, \eta'$ ) на ядре ниобия при энергии первичных фотонов 1.3-2.6 ГэВ в рамках разработанной нами современной физической модели данной реакции в кинематических условиях эксперимента, выполненного коллаборацией CBELSA/TAPS (Германия) на ускорителе ELSA, и в различных сценариях модификации свойств (массы)  $\eta'$  мезонов в ядерной среде, а также с учетом реальной зависимости падающего потока фотонов от их энергии.

Сравнение результатов этих расчётов с получаемыми параллельно в настоящее время экспериментальными данными для ядра ниобия позволит подтвердить или скорректировать – (consistency check) сделанный в предыдущей работе коллаборации (M. Nanova, V. Metag, E. Ya. Paryev et al., Phys. Lett. B 727 (2013) 417) вывод о величине сдвига массы  $\eta'$  мезонов в ядерной среде.

2) Завершено оформление работы по результатам российско-германского научного сотрудничества в рамках коллаборации ANKE (Юлих, Германия) в области изучения нерезонансного рождения каонных пар в протон-ядерных реакциях с целью определения актуальной в настоящее время величины - реальной части антикаон-ядерного среднеполевого потенциала (см. прилагаемый ниже рис.). Данная работа была опубликована недавно в: Yu. T. Kiselev, M. Hartmann, A. Polyanskiy, E. Ya. Paryev et al. Kaon pair production in proton-nucleus collisions. ArXiv: 1509. 04830 [nucl-ex]. Phys. Rev. C. (in press).

3) начата разработка модели протон-ядерного взаимодействия, предназначенной для анализа новых экспериментальных данных по инклюзивному рождению  $\Lambda$  гиперонов в рА столкновениях, полученных в эксперименте на ускорителе COSY коллаборацией ANKE, Юлих, Германия в рамках российско-германского научного сотрудничества. Цель этой работы - определение импульсной зависимости лямбда-ядерного оптического потенциала (его мнимой и вещественной частей) при импульсах порядка 1 ГэВ/с. А также: извлечение практически неизвестного в настоящее время полного сечения  $\Lambda$ -N взаимодействия в интервале импульсов 0.2-1.0 ГэВ/с, проверка предсказаний конституэнтной кварковой модели относительно  $\Lambda$ -N взаимодействия. Данная информация представляет, в частности, интерес также для понимания выхода и коллективного потока  $\Lambda$  гиперонов в ядро-ядерных столкновениях при промежуточных энергиях.

### ***Изучение роли собственной энергии в переходах нейтрон-антинейтрон. Обобщение на $ab$ переходы в поглощающей среде.***

Заканчивается работа над статьей “Kaon regeneration in perturbation theory”. Регенерация короткоживущей компоненты K-мезонов одно из самых интересных и важных явлений. Оно прямо связано с CP-, T- и CPT-инвариантностью и описано в учебниках с конца 50-х годов прошлого века.

Соответствующий расчёт содержит диагонализацию массовой матрицы со многочисленной сменой базиса. Предложен новый подход, основанный на теории возмущений. Имеют место не только альтернативный метод расчёта, но и новые результаты.

### ***Статистическая модель образования каонов, гиперонов и гиперядер в аннигиляции антипротона на ядрах.***

Ведётся работа над созданием комплекса вычислительных программ, позволяющего моделировать процессы девозбуждения (включая деление) в адрон-ядерном взаимодействии в широком диапазоне энергий.

***Исследования релятивистских ядро-ядерных столкновений на установке PHENIX (в рамках соглашения о сотрудничестве с Брукхэвенской национальной лабораторией, США).***

Полугодовой сеанс измерений был успешно завершён. Сотрудники Института приняли участие в работе и обсуждении двух подготавливаемых статей с результатами измерений на установке PHENIX.

***Барионные системы и ядра с необычными свойствами в топологических (киральные) солитонных и других моделях.***

Подготовлена статья "Продолжение пентакварковой драмы", «Троицкий вариант» (Наука) номер 184 от 28 июля 2015 года.

***Исследования нейтрон-ядерных взаимодействий методом времени пролёта на установках НСВП-ТРОНС ОЭФ ИЯИ РАН и ИРЕН, ИБР-2М ЛНФ ОИЯИ.***

- Продолжена подготовка ранее запланированных измерений функций пропускания и сечений конструкционных и осколочных реакторных материалов Na, Al, Ti, Al, Mn, Cr, Fe, Ni, Ta, Mo, U, Но на горизонтальной 50м пролетной базе импульсного нейтронного источника РАДЭКС с помощью жидкостного восмисекционного детектора гамм-лучей и пропорционального гелиевого счетчика. Предполагается при проводке протонного пучка с энергией 209 МэВ при длительности 1мкс и частоте следования вспышек 50 Гц на вольфрамовую мишень импульсного нейтронного источника РАДЭКС ИЯИ РАН провести измерения в декабре 2015г. Аналогичные измерения предполагалось проводить с высоким энергетическим разрешением на 121м пролетной базе нейтронного импульсного источника ИРЕН ОИЯИ г. Дубна в рамках Протокола ИЯИ РАН и ОИЯИ РАН (г. Дубна) №4074-4-11/13 при энергии ускоренных электронов 150 МэВ, длительности вспышек нейтронного пучка 150нс и частоте следования вспышек 50Гц, но эти исследования отложены примерно до 2016 г. из-за модернизации ускорительной техники (установки новых клистронов из Японии на ИРЕН).

- Проведены расчёты функции пропускания и нейтронных сечений на основе оценённых данных разных библиотек по программе ГРУКОН в диапазоне энергий от 1эВ до 1 МэВ для изотопов урана, плутония, америция и кюрия при температурах 0 – 2000<sup>0</sup> К.

- Проводилась работа по подготовке исследований нейтрон-нейтронного взаимодействия с использованием методики догоняющих нейтронов, нейтрон-электронного взаимодействия, по взаимодействию нейтронов с гравитационным и электрическим полями, по поиску нейтральных нейтронных ядер типа бинейтронов, тринейтронов и с большим содержанием нейтронов.

- Продолжена работа по созданию быстродействующего многосекционного детектора гамма-лучей объемом 250л на основе растворителя ЛАБ и гадолиниевого поглотителя нейтронов, который будет использоваться для проведения отмеченных выше исследований на пролетных базах импульсных нейтронных источников РАДЭКС в г. Троицке и ИРЕН (ИБР) в г. Дубна.

- Разработана методика измерения полного сечения и сечения радиационного захвата с использованием времяпролетного спектрометра в вертикальном канале СВ3100, подготовлено 12 быстродействующих камер деления со слоями изотопов урана, плутония, америция и кюрия.

- Подготовлены две публикации: препринт ИЯИ и доклад на международный семинар в ОИЯИ г.Дубна по комбинированному нейтронному спектрометру на основе СВ3100 и варемьяпролётного спектрометра.

- Проведена проверка систем регистрации, накопления и обработки экспериментальной информации.

***Внедрение в широкую медицинскую практику технологии лечения смесями благородных газов с кислородом.***

Показано, что терапия благородными газами эффективна при лечении гипертонии, депрессии и наркомании.

***Исследование аномального электромагнетизма в углеродных конденсатах.***

- Подана заявка на патент РФ: С.Г.Лебедев, В.Э.Янц. «ТЕРМОМЕТР ТЕРМОЯДЕРНОЙ ПЛАЗМЫ И СПОСОБ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ»

- На XIII Российско – Китайском симпозиуме «Новые материалы и технологии» был представлен доклад по облучательным экспериментам на установках ИЯИ РАН.

- На международной конференции по «компьютерному моделированию в физике и не только» представлен приглашенный устный 20-минутный доклад.

- Подготовлена и подана заявка на региональный центр прогнозирования развития не реакторной ядерной энергетики на базе ИЯИ РАН.

- Проведена экспертиза 11 отчетов по базовой части и 31 отчета по проектной части научных проектов ВУЗов. По результатам экспертизы составлены экспертные заключения, которые направлены в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ.

- Совместно с коллегами из Российского института научной экспертизы (РИНКЦЭ) Минобрнауки подготовлена статья для сборника “Инноватика и экспертиза” по тематике углеродных токоограничителей.

- Проведена экспертиза «Предложения по приоритетным направлениям научных исследований и разработок в интересах решения социально-экономических задач». Составлено и отправлено в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ экспертное заключение.

- Совместно с коллегами из Российского института научной экспертизы (РИНКЦЭ) Минобрнауки подготовлена статья для журнала ЖКХ по тематике углеродных токоограничителей.

***Разработка технологии, получение опытных образцов и исследование особенностей электродинамики нанокристаллических композитов фоновых резонаторов (НФР).***

На XI11 Российско – Китайском симпозиуме «Новые материалы и технологии» был представлен доклад по фоновым резонаторам. Послана аннотация приглашенного доклада на конференции NANOTECH-2016 в Дубай.

***Исследование ядро–ядерных столкновений на установке ALICE на встречных пучках ускорителя LHC ( CERN).***

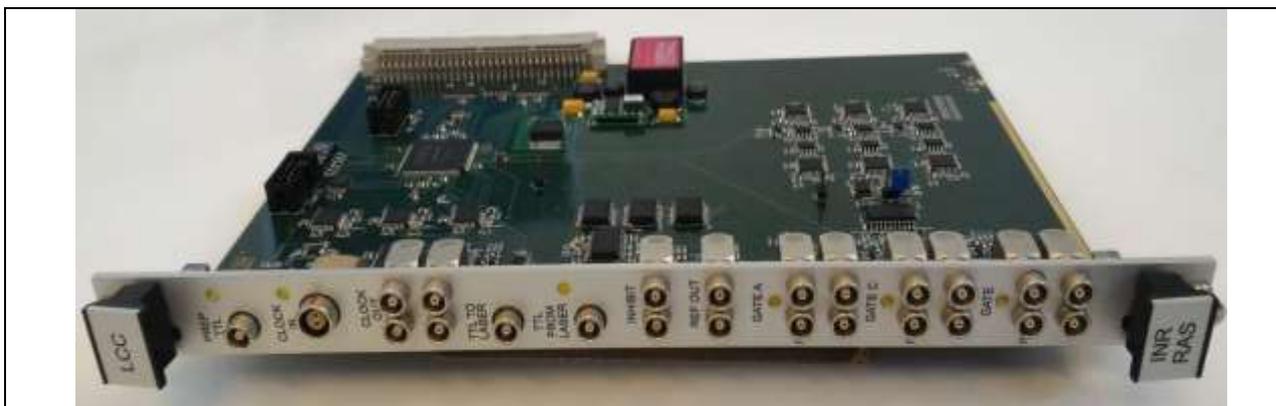
Лаборатория релятивистской ядерной физики внесла большой вклад в создание детектора T0, который является одним из важнейших компонентов эксперимента ALICE (A Large Ion Collider Experiment). В настоящее время настройка, устранение неполадок, поддержание работоспособности, обеспечение безаварийного процесса измерений и получения экспериментальных данных с детектора T0 и его модернизация выполняются практически полностью сотрудниками ИЯИ. В третьем квартале 2015 года на установке ALICE продолжен набор физических данных для p-p столкновений при энергии  $\sqrt{s} = 13$  TeV. За отчетный период выполнена калибровка и реконструкция данных детектора T0 для периодов LHC15fgh. Время-пролётная система с использованием стартового сигнала T0 детектора позволяет идентифицировать пионы, протоны при значениях поперечного импульса от 0.5 до 2,5 GeV/c, а для каонов и протонов до 4 GeV/c. Временное разрешение детектора составляет 45 псек. Для постоянного контроля параметров детектора разработана система автоматической публикации в интернете трендов данных детектора как функции номеров измерений (ранов)

(по адресу <http://aliqat0.web.cern.ch/aliqat0/data/2015/>)

В течение данного квартала проводилась разработка программного обеспечения для расчета плоскости реакции по данным детекторе T0 и для последующего применения этого программного обеспечения к данным, которые планируется получить в ходе ионного сеанса в ноябре-декабре 2015 года

Для определения абсолютного сечения рождения  $J/\psi$ ,  $\psi(2S)$ ,  $\psi(1S)$ ,  $\psi(2S)$  и  $\psi(3S)$  и других наиболее важных и интересных физических процессов необходимо вычисление светимости. В рамках этой задачи для определения светимости в 1 квартале 2015 г. произведен анализ данных сканирования Ван дер Мера, для p-p столкновений при энергии  $\sqrt{s}$  8 TeV с использованием передних детекторов T0 и V0. В 3 квартале на на установке ALICE проведено сканирование по методу Ван дер Мера для p-p столкновений при энергии  $\sqrt{s}$  13 TeV с использованием передних детекторов T0, V0, AD. Выполнен предварительный анализ данных, который показал, что видимое триггерное сечение детекторов T0 и V0 согласуется с данными симуляции и равняется  $29,9 \pm 0,01$  мб и  $57,4 \pm 0,025$  мб соответственно.

Анализ работы детектора T0 в 2015 году показал, что основные параметры детектора T0 соответствуют требованиям, однако были выявлены ряд факторов, влияющих на результаты измерений. Было проведено тестирование модулей QTC, осуществляющих преобразование заряда во время, модуля GRPG, обеспечивающего выработку синхронизирующих сигналов, не позволяющих работать на частоте 20-40 МГц. В текущем квартале было завершено производство нового модуля управления лазером и разветвителя сигналов синхронизации в стандарте VME (Laser Control and Clock Distribution VME Module (LCC), который позволяет устранить эти недостатки (рис.1). Проведена модернизация DCS (Система управления и контроля детекторами) детектора T0 с целью включения в нее возможности управления, контроля и конфигурирования модуля LCC.



**Рис.1 Модуль управления лазером и разветвитель сигнала синхронизации в стандарте VME**

*Создание сверхбыстродействующих компонентов детекторной системы ФИТ тяжелоионного супердетектора «ALICE» Большого адронного коллайдера ЦЕРН.*

В рамках участия ИЯИ РАН (Лаборатория релятивистской ядерной физики) в международном сотрудничестве по программе физических исследований в эксперименте ALICE (CERN, LHC) в отчётный период проведён анализ данных 2015 года тестового сеанса на пучке релятивистских частиц ускорителя PS. Основная цель измерений состояла в исследовании рабочих характеристик прототипа новой детекторной системы фронтального интеллектуального триггера (ФИТ), разрабатываемого в ИЯИ РАН для модернизации установки ALICE в 2017-2018 гг. Результаты анализа показали необходимость модернизировать ФЭУ на микроканальных пластинах (МКП). Совместно с фирмой PHOTONIS USA проведена модернизация и выпущен один экземпляр нового ФЭУ на МКП.

Подготовлена программа проведения в октябре 2015 года испытаний нового прототипа детектора ФИТ на пучке релятивистских частиц ускорителя PS. Произведено исследование параметров системы CAEN DT6742, используемой в сеансах тестирования детектора ФИТ. Для проведения тестовых испытаний разработано программное обеспечение для онлайн-мониторинга тестовых данных.

В отчетный период на тестовом канале PS T10 в ЦЕРН проведены испытания двух вариантов аналоговой электроники, использующей TOT-метод для измерения амплитуды сигналов с прототипа ФИТ-детектора, разрабатываемого для модернизации быстрых триггерных детекторов в эксперименте ALICE. Измерения проведены при различных порогах срабатывания и варьировании высокого напряжения питания ФИТ-детектора.

Цель измерений состояла в получении фактического соответствия между амплитудными спектрами с ФИТ-детектора и соответствующими спектрами длительностей сигналов дискриминатора TOT-метода. Эти данные лягут в основу разработки канала аналоговой электроники TOT-метода, удовлетворяющей требованиям работы в эксперименте ALICE.

#### ***Исследование рождения векторных мезонов в адрон-ядерных и ядерно-ядерных взаимодействиях на установке HADES (GSI, Германия).***

Продолжаются работы по модернизации модулей электромагнитного калориметра на основе свинцового стекла. В третьем квартале подготовлено предложение по системе контроля параметров модулей калориметра на основе стабилизированных светодиодов. Это предложение будет доложено на совещании коллаборации ХАДЕС, которое состоится в начале октября 2015г. В начале марта 2015г. группой ИЯИ были дополнительно получены в ЦЕРНе 260 модулей и доставлены в ГСИ для последующей их модернизации, которая будет проводиться в ноябре-декабре 2015г.

#### ***Исследование рождения адронов в адрон-ядерных и ядро-ядерных столкновениях на CERN SPS (эксперимент NA61).***

В третьем квартале завершена работа по разработке программного обеспечения для моделирования адронного калориметра в общем пакете программ SHINE установки NA61 и моделирования потоков заряженных частиц в ядро-ядерных взаимодействиях. Проведены работы по моделированию угла плоскости реакции в столкновениях ядер свинца и оценки точности определения этого угла с помощью переднего адронного калориметра в планируемом эксперименте на установке NA61.

Во втором и третьем кварталах 2015г. проведены работы по модернизации центрального модуля адронного калориметра. В частности, разработан и изготовлен дополнительный короткий модуль, состоящий из двух секций, проведена замена существующих фотодетекторов в центральном модуле адронного калориметра (производства ZECOTEK) на более быстрые MPPC (производства HAMAMATSU). В дополнительном коротком модуле также установлены быстрые MPPC. Разработана и изготовлена новая аналоговая электроника для центрального и короткого модуля. В сентябре 2015г. проведены работы по сборке и установке нового короткого модуля и новой электроники в центральном модуле адронного калориметра установки NA61 в ЦЕРНе.

Результаты проведенных работ доложены на совещании коллаборации NA61, которое состоялось в ЦЕРНе, 21-25 сентября 2015г.

В конце сентября в ЦЕРНе начаты тесты на пучках протонов и мюонов модернизированного калориметра и его калибровка, которая проводит группа ИЯИ. Планируется, что дальнейшие тесты адронного калориметра с модернизированной электроникой в центральном модуле и дополнительным коротким модулем будут проведены на пучке ядер свинца с энергией 30 АГэВ в ноябре -декабре 2015г.

### ***Исследование свойств сжатой барионной материи на установке CBM в GSI.***

Технический проект переднего калориметра, разработанного группой ИЯИ для установки CBM на создаваемом ускорительном комплексе ФАИР в Дармштадте в марте 2015г. был окончательно утвержден ресурсным комитетом ФАИР. В настоящее время ведется работа над контрактом между ИЯИ и ФАИР по изготовлению калориметра в ИЯИ РАН. Ожидается, что контракт будет подписан в октябре 2015г.

В третьем квартале создан стенд в ИЯИ РАН для измерения отклика модулей адронного калориметра с системой сбора данных на основе TRB3. Поведена отладка пакета программ для системы сбора данных на основе TRB3 и электроники PADIWA для считывания сигналов с фотодетекторов модулей калориметра. Соответствующее программное обеспечение полностью протестировано.

Планируется тестирование всего тракта электроники считывания с фотодетекторов модуля калориметра на пучке в ЦЕРНе в октябре 2015г. Начата разработка системы контроля адронного калориметра.

Результаты доложены на совещании коллаборации CBM, которое состоялось в Праге, 14-18 сентября 2015г.

### ***Прецизионное исследование электромагнитных взаимодействий нуклонов и ядер; исследование свойств адронов в ядерной среде, изучение их связанных состояний (мезонные ядра, дельта-ядра, гиперядра)***

Коллаборацией A2 на ускорителе MAMI C выполнены измерения асимметрий комптоновского рассеяния на протоне в области энергий  $\Delta$ -резонанса с использованием пучка циркулярно/линейно поляризованных фотонов и продольно/поперечно поляризованной протонной мишени, созданной сотрудниками ОИЯИ и ИЯИ РАН. Из данных измерений впервые получены экспериментальные значения всех четырёх спиновых поляризуемостей протона, которые описывают реакцию спина протона на воздействие налетающего поляризованного фотона [47-49].

Выполнены измерения эффективности регистрации нейтронов с энергией до 400 МэВ в кристаллах NaI детектора Crystal Ball. Данные об эффективности получены из исследования фоторождения  $\pi^0$ -мезонов на дейтериевой мишени с использованием пучка энергетически меченых фотонов от ускорителя MAMI [50,51].

На ускорителе MAMI C выполнены измерения дифференциальных сечений фоторождения  $\omega$ -мезонов на протоне при энергиях налетающих фотонов от порога реакции  $\gamma p \rightarrow \omega p$  до 1400 МэВ в пределах полного углового диапазона. Высокое качество данных вблизи порога открывает доступ к ряду интересных физических аспектов процесса. В частности, получена оценка длины  $\omega N$ -рассеяния [52].

Получены первые данные по мишенной асимметрии и асимметрии пучок-мишень для реакции  $\gamma p \rightarrow \pi^0 \eta p$  при энергиях фотонов от 1050 до 1450 МэВ. Измерения выполнены на ускорителе MAMI C с использованием детектора Crystal-Ball/TAPS и протонной поляризованной мишени. Полученные данные подтверждают предположение о доминировании в этой реакции амплитуды  $\Delta 3/2^-$ . Результаты чувствительны к небольшим вкладам от других парциальных волн [53].

Исследовано фоторождение  $\pi\eta$ -пар на нуклонах от порога до энергии налетающих фотонов 1.4 ГэВ. Впервые выполнены измерения квазисвободных реакций  $\gamma p \rightarrow p\pi^0\eta$ ,  $\gamma n \rightarrow n\pi^0\eta$ ,  $\gamma p \rightarrow n\pi^+\eta$  и  $\gamma n \rightarrow p\pi^-\eta$  на нуклонах, связанных в дейтроне. Чтобы исследовать эффекты взаимодействия в конечном состоянии, были также изучены соответствующие реакции на протонной мишени. Для конечного состояния  $\pi^0\eta$  было также исследовано когерентное рождение в реакции  $\gamma d \rightarrow d\pi^0\eta$ . Эксперименты проведены на пучке меченых фотонов ускорителя MAMI с использованием  $4\pi$ - электромагнитного калориметра на основе детекторов Crystal Ball и TAPS. Полные сечения для четырех различных конечных состояний подчиняются соотношению  $\sigma(p\pi^0\eta) \approx \sigma(n\pi^0\eta) \approx 2\sigma(p\pi^-\eta) \approx 2\sigma(n\pi^+\eta)$ , что следует из

доминирующего вклада от цепочки реакций  $\delta^* \rightarrow \eta\delta(1232) \rightarrow \pi n$ . Выполнено сравнение экспериментальных данных с предсказаниями изобарной модели [54].

На пучке меченых фотонов от ускорителя МАМІ С коллаборацией А2 измерены дифференциальные сечения реакции  $\gamma p \rightarrow \pi^0 p$  вплоть до энергии в системе центра масс  $W=1.9$  ГэВ. Новые результаты, полученные с высоким энергетическим и угловым разрешением, увеличивают существующую базу данных по фоторождению  $\pi^0$  на 47%. Благодаря высокой статистической точности и покрытию полного углового диапазона результаты чувствительны к высшим парциально-волновым амплитудам [55,56].

*Исследование реакций множественного рождения мезонов на протоне, дейтроне и углероде по материалам коллаборации ГРААЛЬ.*

Исследованы реакции множественного рождения мезонов и мультифрагментации ядер углерода, а также полные сечения фотопоглощения под действием фотонов с энергией 700 – 1500 МэВ. Измерена вероятность вылета нуклонов различной множественности вплоть до полного развала ядра углерода на отдельные нуклоны. Полученные данные интерпретированы в рамках теоретической модели RELDIS [57-59].

*Подготовка эксперимента BGO-OD (Бонн – ELSA) по исследованию фотоядерных реакций в области энергий фотонов до 4 ГэВ.*

Проведена сборка и наладка основных элементов детектора BGO-OD. Выполнены пучковые испытания на ускорителе ELSA (Бонн, Германия) в совместном эксперименте [60].

*Исследование свойств гигантских резонансов в ядрах.*

Для описания тормозного излучения электронов предложено приближенное аналитическое представление на основе известных ранее спектров Шиффа и Зельцера и Бергера. На основе этого представления проанализированы отличия параметров  $E1$  гигантского резонанса, получаемых при обработке экспериментальных данных, в зависимости от формы структур в сечениях исследуемых реакций и типа мониторинга пучков [61, 62].

С помощью  $\gamma$ -активационной методики на тормозном пучке фотонов с максимальной энергией 55 МэВ исследовано фоторасщепление изотопов титана в области гигантского дипольного резонанса. Определены выходы и интегральные сечения фотопротонных реакций на изотопах  $^{47}, ^{48}, ^{49}, ^{50}\text{Ti}$ . Результаты эксперимента сравниваются с расчетами по программе TALYS и комбинированной модели фотонуклонных реакций. Показано, что программа TALYS, не учитывающая изоспиновую структуру ГДР, не позволяет описать выход фотопротонных реакций на тяжелых изотопах титана  $^{49}, ^{50}\text{Ti}$  [63,64].

Для  $E_\gamma \cong (4-46)$  МэВ измерены сечения реакции  $^{115}\text{In}(\gamma, \gamma')^{115\text{m}}\text{In}$ . Уточнены параметры пика в этом сечении вблизи порога  $^{115}\text{In}(\gamma, n)$ -реакции  $(E_\gamma)_{(\gamma, n)\text{-порог}}$ . Показано, что в сечении реакции  $^{115}\text{In}(\gamma, \gamma')^m$  при  $E_\gamma \sim 27$  МэВ нет второго пика с  $\sigma_{\text{инт}_2}$ , превышающем  $\sim 0.2\sigma_{\text{инт}_1}$  для пика при  $E_\gamma \sim (E_\gamma)_{(\gamma, n)\text{-порог}}$ . Рассмотрены возможности использования этой реакции как для исследований физики фотоядерных реакций, так и для мониторинга тормозных фотонов в гамма-активационных работах [65-68].

Рассмотрена возможность выделения вклада изовекторного электрического квадрупольного гигантского резонанса на фоне превалирующего изовекторного электрического дипольного гигантского резонанса при измерении асимметрии вперед-назад вылета быстрых нейтронов в реакции  $(\gamma, n)$  на изотопах свинца с помощью пороговых нейтронных детекторов [69,70]. А также рассмотрены возможности использования сцинтилляционных спектрометров быстрых нейтронов при измерениях асимметрии вперед-назад испускания нейтронов в реакции  $^{208}\text{Pb}(\gamma, n_0)$  для аналогичной цели [71].

Для сечений реакций  $^{14}\text{N}(\gamma, 2n)^{12}\text{N}$ ,  $^{14}\text{N}(\gamma, 2p)^{12}\text{B}$ ,  $^{13}\text{C}(\gamma, p)^{12}\text{B}$ , используемых в разрабатываемом фотоядерном методе обнаружения скрытых взрывчатых веществ, проведены компиляция известных экспериментальных и модельно-расчетных данных, а

также самостоятельные расчеты по программам TALYS и EMPIRE. Получены указания на существенное занижение уровней модельно рассчитанных величин по сравнению с доступными результатами измерений [72].

*Разработка методики получения и использования короткоживущих изотопов на электронных ускорителях.*

По программам GEANT и MCNP проведены расчеты эмиссии  $\gamma$ -квантов, электронов, позитронов из характерных мишеней при распадах радиоизотопов  $^{12}\text{N}$  и  $^{12}\text{B}$ , образованных в этих мишенях [73].

***Изучение нейтринных осцилляций в эксперименте T2K с длинной базой на протонном ускорителе J-PARC (Япония).***

Проведен анализ данных, набранных в режиме *антинейтрино* в 2014 – 2015 гг. (Run 5c + Run 6). В этих *антинейтринных* сеансах набрана статистика  $4.04 \times 10^{20}$  POT (протонов на мишени), сравнимая с данными в *нейтринной* моде, а всего в T2K за 2010 - 2015 гг. набрано  $\sim 11.04 \times 10^{20}$  POT.

Анализ данных на “исчезновение” в *антинейтринной* моде показал, что в дальнем детекторе Супер-Камиокандэ зарегистрировано 34 события (мюонные *антинейтрино* и *нейтрино*) при ожидаемых 104 событиях в отсутствие (анти)нейтринных осцилляций. Предварительный анализ также продемонстрировал, что значения угла смешивания ( $\sin^2\theta_{23} = 0.46^{+0.14}_{-0.06}$ ) и разности квадратов масс ( $|\Delta m^2_{23}| = (2.5^{+0.3}_{-0.2}) \times 10^{-3} \text{ eV}^2$ ), полученные для *антинейтринной* моды, близки к соответствующим значениям для *нейтринной* моды.

Проведен анализ и на «появление» электронных *антинейтрино* в *антинейтринной* моде. Зарегистрировано 3 кандидата в события на «появление» электронных (анти)нейтрино, что пока не позволяет делать определенные выводы об осцилляциях мюонных *антинейтрино* в электронные в виду малой статистики.

Получены результаты измерения инклюзивного сечения взаимодействия мюонных *нейтрино* на ядрах железа через заряженные токи для трех значений энергии *нейтрино* в диапазоне 1-3 ГэВ. Особенность этого анализа заключается в том, что использовались данные, полученные в ближнем детекторе INGRID, отдельные модули которого расположены под разными углами по отношению к оси исходного пучка *нейтрино*. Результаты показали хорошее согласие полученных сечений с предсказаниями *нейтринных* моделей (генераторов NEUT и GENIE).

***Проект Laguna-LBNO.***

Закончено создание полностью активного сегментированного детектора *нейтрино*, состоящего из 9000 сцинтилляционных стрипов со спектросмещающими волокнами, которые формируют 50 x-y плоскостей. Объем детектора  $1 \times 1 \times 1 \text{ м}^3$ . Проводится тестирование электроники и ведется подготовка к сборке всего детектора для проведения тестов на пучке в ЦЕРНе.

***Эксперимент WAGASCI.***

Разработаны и изготовлены сцинтилляционные пластины размером  $200 \times 21 \text{ см}^2$  для мюонного детектора эксперимента WAGASCI. Всего получено 320 экструдированных пластин, из которых будут изготовлены сцинтилляционные детекторы.

***Эксперимент NA62 в ЦЕРНе.***

Проводится сеанс по набору статистики в эксперименте NA62 в ЦЕРНе. Начата подготовка анализа данных по поиску темных фотонов в распадах каонов. Используя процессы распада нейтральных пионов на два фотона и радиационный распад каона, проводится изучение эффективности фотонного детектора NA62.

Завершено создание и тестирование усилителей для нового детектора заряженных

частиц NewCHOD эксперимента NA62. Настроено 150 каналов электроники, которая будет установлена в детектор к следующему сеансу на каонном пучке.

#### ***Поиск нейтринного излучения от коллапсов звёзд в Галактике.***

За период поиска нейтринного излучения от коллапсов звезд в Галактике с помощью Артемовского Сцинтилляционного 100-тонного Детектора (АСД) с ноября 1977г. по сентябрь 2015г. кандидатов на нейтринные всплески обнаружено не было. За 37.8 года работы получено ограничение на частоту гравитационных коллапсов менее, чем одно событие за 16.4 года на 90% доверительном уровне ( $f_{\text{col}} < 0.061 \text{ года}^{-1}$ ).

По данным работы Российско-итальянской установки LVD с июня 1992 по сентябрь 2015 год (23.2 года) предел на частоту гравитационных коллапсов звезд в Галактике составляет  $1/10.08=0.099 \text{ года}^{-1}$ . Представлен доклад на Конференции по Подземной физике TAUP 2015, 7-11 September 2015, Torino, Italy, Olga Ryazhskaya «Study of the penetrating component of cosmic rays underground using large liquid scintillation detectors».

Получены результаты по совместному поиску нейтринного излучения от коллапсов звезд на детекторах ИЯИ РАН LVD и BUST за 2011 – 2014 гг. Проведено исследование частоты совпадений одиночных импульсов, измеренных этими детекторами. Результаты соответствуют регистрации случайных совпадений фоновых событий в LVD и БПСТ. Представлен постерный доклад на 17 Ломоносовской конференции по физике элементарных частиц А. Ashikhmin et al. “Joint analysis of experimental data on the search for neutrinos from stellar collapses using the LVD and BUST detectors”, Moscow State University, Moscow, 20-26 August, 2015

#### ***Эксперимент OPERA.***

По данным 2008 – 2012 гг в эксперименте OPERA зарегистрировано 5 событий – кандидатов на взаимодействие тау нейтрино. Обнаруженные кандидаты позволяют оценить открытие осцилляций  $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$  на уровне  $5\sigma$ .

#### ***Генерация нейтронов мюонами космических лучей.***

В эксперименте LVD продолжают измерения генерации нейтронов мюонами космических лучей с энергией 280 ГэВ в разных веществах. По данным измерений генерации нейтронов в железе за 22 месяца получено  $15 \pm 2 \times 10^{-4} \text{ н/}\mu/(\text{г}\cdot\text{см}^{-2})$ . За 7 месяцев измерения нейтронов в свинце получено  $55 \pm 20 \times 10^{-4} \text{ н/}\mu/(\text{г}\cdot\text{см}^{-2})$ .

Для изучения нейтронного фона в подземных экспериментах проведены расчеты с помощью Geant 4 и Shield генерации нейтронов мюонами для различных ядер, которые обычно входят в состав окружающей породы и защиты экспериментальных установок. Получены зависимости генерации нейтронов от атомного номера и энергии.

#### ***Создание новых и развитие существующих методов регистрации частиц и излучений для будущих экспериментов в области физики элементарных частиц.***

Разработана новая методика МУльти-Катодного Счетчика (МУКС) для поиска скрытых фотонов холодной темной материи с массами от 5 до 10 эВ. Методика разработана в предположении, что скрытые фотоны с массой, большей работы выхода металла, из которого сделан катод счётчика, индуцируют эмиссию одиночных электронов из катода. В настоящее время идёт отработка программы обработки данных и наблюдение за возможными долговременными вариациями, которые должны быть учтены при интерпретации полученных данных [86].

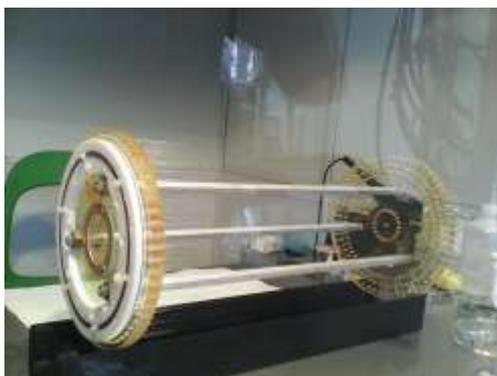


Figure 1. The general view of the counter.

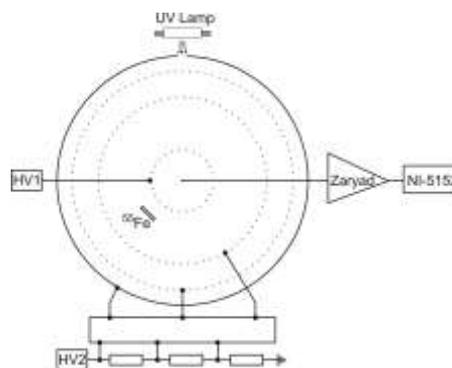


Figure 2. The electronic scheme.

***Участие в международном эксперименте AMORE по поиску безнейтринного двойного бета-распада изотопа  $^{100}\text{Mo}$ .***

Проведены измерения радиационной чистоты различных образцов карбоната кальция. По результатам измерений будет отработана процедуры их очистки от радия в Южной Корее. На данный момент измеряется чистота образца оксида молибдена.

***Экспериментальная проверка стабильности периода полураспада альфа-активного ядра  $^{214}\text{Po}$ .***

В третьем квартале завершена подготовка установки ТАУ-3, состоящей из сцинтилляционного детектора Д1, склеенного из двух дисков пластмассового сцинтиллятора  $d=18$  мм,  $h=1$  мм. Между дисками размещён источник Th-229, осаждённый из раствора на поверхность лавсановой плёнки  $h=2.5$  мкм и накрытый такой же плёнкой, наклеенной с помощью эпоксидной смолы. Детектор размещён в защите 15 см Pb в зазоре 1 см между двумя сцинтилляционными детекторами NaI(Tl) 150·150 мм (Д2) в низкофоновом боксе подземной низкофоновой лаборатории НЛГЗ-4900. Скомпонована тестовая регистрирующая установка в составе цифрового осциллографа ЛА-н10-12 РС1, встроенного в ПК. ПК в “on-line” режиме регистрирует полную форму импульсов с Д1 и Д2. В результате обработки записанных осциллограмм определяются задержки между импульсами и за выбранный временной интервал выстраивается распадная кривая дочернего изотопа Po-213 ( $T_{1/2}=4.2$  мкс). По этой кривой определяется константа распада. Строится последовательный временной ряд значений этой величины. Начаты непрерывные измерения на установке ТАУ-3. Набрана и обработана статистика за 60 дней. В результате обработки временного ряда за июль-август 2015 года обнаружена солнечная суточная вариация константы распада с усреднённой амплитудой  $A_C=(1.6\pm 0.9)\cdot 10^{-3}$ .

***Поиск солнечных адронных аксионов.***

Завершено комплектование образца Kг-83 обогащенного до уровня 99% объемом ~20л. Счетчик заполнен новым образцом, начаты основные измерения. Набрана статистика за 1500 часов. По предварительным оценкам чувствительность установки по массе аксиона находится на уровне 80эВ за один год измерений.

***Международный эксперимент Герда.***

Разработана и создана система антисовпадений в установке ГЕРДА по поиску двойного бета распада германия-76. Система состоит из набора 810 сцинтилляционных волокон, образующих цилиндр высотой 2,2 м и диаметром 47 см вокруг основных германиевых детекторов. Сцинтилляционные волокна просматриваются 90 кварцевыми фотоумножителями. Система регистрирует сигнал от сцинтилляционных вспышек

жидкого аргона. Проведены два сеанса предварительных измерений эффективности системы. Получено, что в эксперименте по регистрации двойного двух нейтринного бета распада германия-76 достигнуто снижение фона в 45 раз. Поиск оптимального режима работы системы продолжается.

### ***Исследование осцилляций реакторных нейтрино в российских и зарубежных экспериментах.***

Проведено одно дежурство в коллаборации Double Chooz. Продолжается набор статистики двумя детекторами одновременно. На коллаборационный митинг наши сотрудники не смогли поехать из-за отсутствия средств (поздно получили деньги по программе). Опубликована концепция детектора JUNO в архиве электронных препринтов.

### ***Проблема геофизических нейтрино.***

Проведены обсуждения возможности создания прототипа детектора в Баксанской НО объемом 5-10 куб.м. В БНО продолжались работы по измерению содержания  $^{14}\text{C}$  в жидком сцинтилляторе при помощи детектора малого объёма. Проведено измерение  $^{14}\text{C}$  в четырёх образцах сцинтиллятора: два на основе ксилола, один на основе ЛАБа и один на основе нефраса в смеси с парафином. Получено значение  $^{14}\text{C}$   $2.5 \times 10^{-17}$ .

Подготовлены препринт и статья по проведенным измерениям.

### ***Публикации***

1. R.U. Abbasi et al. [Telescope Array Collaboration] / Measurement of the proton-air cross section with Telescope Array's Middle Drum detector and surface array in hybrid mode // Phys. Rev. D 92, 3, 032007 (2015).

2. M.S. Piskunov, G.I. Rubtsov, S.V. Troitsky et al [Telescope Array collaboration] / Telescope Array search for photons and neutrinos with the surface detector data // The 34th International Cosmic Ray Conference, 30 July- 6 August, 2015, The Hague, Netherlands

3. S.V. Demidov, D.S. Gorbunov / Nucleon-decay like signatures of Hylogenesis // arXiv:1507.05170.

4. E.Y. Nugaev, G.I. Rubtchov, Y.V. Zhezher / Probing Milky Way's hot gas halo density distribution using the dispersion measure of pulsars // Phys.Rev. D92 (2015) 4, 045011

5. A.L.Kataev (INR RAS) and V.S. Molokoedov, (Mphys. Tech.Inst) / Fourth-order QCD renormalization group quantities in the V scheme and the relation of the  $\beta$  function to the Gell-Mann–Low function in QED // Phys. Rev. D 92 (2015) 5, 05400 [arXiv:1507.03547 [hep-ph]].

6. V.V. Fimushkin, A.D. Kovalenko, L.V. Kutuzova, Yu.V. Prokofichev, V.B. Shutov, A.S. Belov, V.N. Zubets, A.V. Turbabin, “Development of Polarized Ion Source for the JINR accelerator complex”, report on 16<sup>th</sup> International Workshop on High Energy Spin Physics, Dubna, Russia, September 8 - 12, 2015.

7. V. Anastassopoulos<sup>a</sup>, et. al., (CAST collaboration, A. Belov from INR RAS), “Search for chameleons with CAST”, Physics Letters B, Volume 749, 7 October 2015, p. p. 172–180.

8. А. С. Белов, В. Н. Зубец, Л. П. Нечаева, Е. С. Никулин, А.В. Турбабин, Т. Фролов, «Режим работы протонного инжектора линейного ускорителя ИЯИ РАН с частотой повторения импульсов 100 Гц», принята в печать в ПТЭ.

9. H. Huck, L. Kravchuk, V. Paramonov, I. Rybakov et. al., First Results of Commissioning of the PITZ Transverse Deflecting Structure. Международная конференция по лазерам на свободных электронах, MOP039, FEL 2015, 24-28 August 2015, Korea.

10. В. Парамонов, Ускорение протонов на обратной гармонике бегущей волны. Доклад на 11 Международном Семинаре по проблемам ускорителей заряженных частиц, 7-11 сентября 2015 г., Алушта, Крым, Россия.

11. V. Ostapenko, A. Vasiliev, E. Lapshina, S. Ermolaev, R. Aliev, Yu. Totskiy, B. Zhuikov, S. Kalmykov. Extraction chromatographic behavior of actinium and REE on DGA, Ln and TRU

resins in nitric acid solutions. J Radioanal Nucl Chem, DOI 10.1007/s10967-015-4331-y (on-line version).

12. Б. Жуйков. Полоний и Ковтун. Троицкий вариант–Наука, 28 июля 2015 года. Троицкий Вариант. Наука № 15 (184), с. 11.

13. И.Л. Синенко, В.С. Остапенко, Т.Ю. Екатова, А.Н. Васильев, Е.В. Лапшина, С.Н. Калмыков. Определение коэффициентов распределения Ac, La, Ce и Ra на сорбентах TRU, Ln Resin и DGA Resin. VIII Всероссийская конференция по радиохимии "Радиохимия 2015", г. Железногорск Красноярского края, 28 сентября – 2 октября 2015 г. Сборник тезисов, с.123.

14. В.С. Остапенко, А.Н. Васильев, С.В. Ермолаев, Е.В. Лапшина, И.Л. Синенко, Т.Ю. Екатова, Б.Л. Жуйков, С.Н. Калмыков. Выделение  $^{230}\text{Ra}$  из облученной ториевой мишени. VIII Всероссийская конференция по радиохимии "Радиохимия 2015", г. Железногорск Красноярского края, 28 сентября – 2 октября 2015 г. Сборник тезисов, с.465.

15. А.Н. Васильев, В.С. Остапенко, Е.В. Лапшина, С.В. Ермолаев, Б.Л. Жуйков, С.С. Данилов, С.Н. Калмыков. Выделение  $^{223}\text{Ra}$  из природного тория, облученного протонами. VIII Всероссийская конференция по радиохимии "Радиохимия 2015", г. Железногорск Красноярского края, 28 сентября – 2 октября 2015 г. Сборник тезисов, с.102.

16. С.В. Ермолаев, А.К. Скасырская. Хроматографическое разделение  $^{225}\text{Ac}$ ,  $^{221}\text{Fr}$  и  $^{213}\text{Bi}$  в динамических условиях. VIII Всероссийская конференция по радиохимии "Радиохимия 2015", г. Железногорск Красноярского края, 28 сентября – 2 октября 2015 г. Сборник тезисов, с.442.

17. А.В. Северин, А.Н. Васильев, В.С. Остапенко, Е.В. Лапшина, Е.В. Черных, С.Н. Калмыков. Особенности сорбционного взаимодействия  $^{223}\text{Ra}$  с различными текстурными формами гидроксипатита – перспективного носителя терапевтических  $\alpha$ - эмиттеров. VIII Всероссийская конференция по радиохимии "Радиохимия 2015", г. Железногорск Красноярского края, 28 сентября – 2 октября 2015 г. Сборник тезисов, с.467.

18. Б.Л. Жуйков. Экспертное заключение на Доклад «Организация полного технологического цикла производства АФС Sr-82 и генераторов  $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$  на площадке АО «ГНЦ РФ-ФЭИ». Г/к «Росатом», 21 сент. 2015 г.

19. Boris Zhuikov. Production of Medical Radionuclides in Russia and Prospective Isotope Program in Institute for Nuclear Research, Moscow-Troitsk . Совещание представителей РАН и Г/к «Росатом» с представителями Национальной Академии наук США и ряда ведущих университетов. 13 июля 2015, «Националь», Москва.

20. Представлен постер на XIV International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics (TAUP 2015), 7-11 September 2015, Torino, Italy. Alexey Lokhov "Statistical criteria for search of heavy neutrino in tritium spectrum"

21. Подготовлена публикация D. Abdurashitov, Yu. Malyshkin, V. Matushko, B. Suerfu Response of a proportional counter to  $^{37}\text{Ar}$  and  $^{71}\text{Ge}$ : real spectra versus GEANT4 simulation

22. Подготовлены три доклада для совещания по проекту КАТРИН в Институте технологии Карлсруэ, Германия, 5-9 октября 2015:

- Dzhonrid Abdurashitov. Response of a proportional counter to  $^{37}\text{Ar}$  and  $^{71}\text{Ge}$ : measured spectra versus GEANT4 simulation

- Alexey Lokhov. Influence on the response function from the elastic electron scattering in the source.

- Nikita Titov. Final states distribution version and negative neutrino mass puzzle.

23. K. Afanciev, ... R. Djilkibaev et al. "Response of LYSO:Ce Scintillation Crystals to Low Energy Gamma-Rays", Physics of Particles and Nuclei Letters, Vol. 12, No. 2, pp. 319–324 2015.

24. R. Djilkibaev, O.Karavichev, V. Postoev "LYSO scintillator studies for a fast low-energy calorimeter" JINST 10, P03019, 2015.

25. V.M.Ovchinnikov, I.I.Tkachev, V.V.Parusov, "The Methods for Direct Detection of WIMP With Mass  $\leq 0,5$  GeV", Preprint INR 1405/2015 JULY2015. Physics Journal, Vol.1, №2, 2015, pp.31-34. Universal Journal of Physics and Application 9(4):173-174,2015.
26. А.Ю.Перов, А.В.Бобровников, Б.М.Овчинников, В.В.Парусов "Терапия смесями благородных газов с кислородом" Препринт ИЯИ РАН 1406/2015.
27. А.Ю.Перов, А.В.Бобровников, Б.М.Овчинников, В.В.Парусов "Терапия смесями благородных газов с кислородом для долголетия" Препринт ИЯИ РАН 1407/2015 ИЮЛЬ 2015.
28. С.Г.Лебедев, Н.И.Андрианов, С.П.Юркевичус. «БЕСКОНТАКТНЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ – ОГРАНИЧИТЕЛЬ ТОКА КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ И ИХ ЗАЩИТЫ В ТЕХНОЛОГИИ SMART GRID» статья в сборнике "Инноватика и экспертиза" ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2015 г.
29. В.Э.Янц, С.Г.Лебедев, Н.М.Соболевский, «Геохронология и мониторинг космических лучей по накоплению космогенных изотопов  $^{53}\text{Mn}$ , и  $^{10}\text{Be}$  в земных породах» принято к публикации в журнал «Геохимия» 2015 г.
30. Заявка на патент РФ С.Г.Лебедев, В.Э.Янц. «ТЕРМОМЕТР ТЕРМОЯДЕРНОЙ ПЛАЗМЫ И СПОСОБ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ», 2015 г.
31. С.Г.Лебедев, Н.И.Андрианов, С.В.Генералова «ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ ОБЪЕКТОВ ЖКХ И ИХ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ» статья в журнал ЖКХ, 2015 г.
32. S.G.Lebedev, "Computer Simulation of Thin Stripper Target Behaviour Under Bombardment of Intense Pulsed Ions" Proc. Of International Conference on Computer Simulation in Physics and beyond, September, 6-9, 2015, Moscow, Russia.
33. A.V.Feschenko, L.V.Kravchuk, E.A. Koptelov, S.G. Lebedev, M.V.Libanov, N.M. Sobolevsky, I.I.Tkachev "EXPERIMENTAL AND COMPUTER MODELING OF NEW MATERIALS BEHAVIOR UNDER IRRADIATION ON INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH RAS FACILITIES AND SOFTWARE", Труды X111 Российско – Китайского симпозиума «Новые материалы и технологии», Казань, 20-26 Сентября 2015 г.
34. S.G.Lebedev, "PHONON RESONATORS – NEW PERSPECTIVE NANOCOMPOSITE FOR RULING OF ELECTRON – PHONON INTERACTION", Труды X111 Российско – Китайского симпозиума «Новые материалы и технологии», Казань, 20-26 Сентября 2015 г.
35. S.G.Lebedev, "Electrical Resistance Switching in Nano-Graphite Films" report presented on NANOTECH-2016, April, 21-23, Dubai, UAE
36. Inclusive quarkonium production at forward rapidity in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV CERN-PH-EP-2015-267, September 26, 2015
37. Performance of the Fast Interaction Trigger for the ALICE Upgrade, QUARK MATTER 2015, KOBE, Japan
38. Partial wave analysis of the reaction  $p(3.5\text{GeV}) + p \rightarrow pK + \Lambda$  to search for the " $ppK^-$ " bound state, HADES Collaboration (G. Agakishiev, ... M. Golubeva, F. Guber, A. Ivashkin, T. Karavicheva, A. Kurepin, A. Reshetin, A. Sadovsky et al) Phys.Lett. B 742 (2015) 242–248
39. Study of the quasi-free  $np \rightarrow npp + \pi^-$  reaction with a deuterium beam at 1.25 GeV/nucleon HADES Collaboration (G. Agakishiev, ... M. Golubeva, F. Guber, A. Ivashkin, T. Karavicheva, A. Kurepin, A. Reshetin, A. Sadovsky... et al) e-Print: arXiv:1503.04013 [nucl-ex]
40. Subthreshold  $\Xi^-$  Production in Collisions of  $p(3.5 \text{ GeV}) + \text{Nb}$  HADES Collaboration (G. Agakishiev, ... M. Golubeva, F. Guber, A. Ivashkin, T. Karavicheva, A. Kurepin, A. Reshetin, A. Sadovsky... et al Phys.Rev.Lett. 114 (2015) 21, 212301
41. Investigating hadronic resonances in pp interactions with HADES. HADES Collaboration (Witold Przygoda, ... M. Golubeva, F. Guber, A. Ivashkin, T. Karavicheva, A. Kurepin, A. Reshetin, A. Sadovsky... et al.). EPJ Web Conf. 97 (2015) 00024.

42. Highlights of Resonance Measurements With HADES. HADES Collaboration (Eliane Epple,...M.Golubeva, F.Guber, A.Ivashkin, T.Karavicheva, A.Kurepin, A.Reshetin, A.Sadovsky... et al.) EPJ Web Conf. 97 (2015) 00015.
43.  $K^*(892)^+$  production in proton-proton collisions at  $E_{beam}=3.5$  GeV. HADES Collaboration (G. Agakishiev,...M.Golubeva, F.Guber, A.Ivashkin, T.Karavicheva, A.Kurepin, A.Reshetin, A.Sadovsky... et al.) e-Print: arXiv:1505.06184 [nucl-ex]
44. Verification of Electromagnetic Calorimeter Concept for the HADES spectrometer O. Svoboda (Rez, Nucl. Phys. Inst.), C. Blume (Frankfurt U.), W. Czyżycki (Cracow Tech. U.), E. Epple, L. Fabbietti (Munich, Tech. U., Universe), T. Galatyuk (Darmstadt, Tech. Hochsch.), M. Golubeva, F. Guber (Moscow, INR), S. Hlaváč (Bratislava, Inst. Phys.), A. Ivashkin (Moscow, INR) et al.. Phys.Conf.Ser. 599 (2015) 1, 012026
45. Подготовлена статья А.Б. Курепина, Н.С.Топильской "Quarkonium production and proposal of the new experiments on fixed target at the LHC". Статья принята в печать для специального выпуска "Physics at a Fixed Target Experiment Using the LHC beams" журнала "Advances in Nuclear Physics".
46. Подготовлена статья А.Б. Курепина, Н.С.Топильской "Solving the problem of anomalous  $J/\psi$  suppression at the NICA MPD". Статья послана в печать в "European Physical Journal A", Topical Issue "NICA White Paper".
47. P.P.Martel, G.Gurevich, R Kondratiev, V.Lisin, A.Mushkarenkov, A.Polonski et al. Measurements of Double-Polarized Compton Scattering Asymmetries and Extraction of the Proton Spin Polarizabilities. Phys. Rev. Lett. 114, 112501 (2015) .
48. Г.М.Гуревич. Измерение спиновых поляризуемостей протона. Восьмые Черенковские чтения. Москва, ФИАН, 14.04.2015.
49. G.M.Gurevich. First measurement of the proton spin polarizabilities. 65 International conference NUCLEUS-2015 (Saint-Petersburg, June 29 – July 3, 2015). Book of abstracts, p. 54 (2015).
50. M.Martemianov, G.Gurevich, R Kondratiev, V.Lisin, A.Mushkarenkov, A.Polonski et al. A new measurement of the neutron detection efficiency for the NaI Crystal Ball detector. arXiv: 1502.07317v1[physics.ins-det].
51. M.Martemianov, G.Gurevich, R Kondratiev, V.Lisin, A.Mushkarenkov, A.Polonski et al. A new measurement of the neutron detection efficiency for the NaI Crystal Ball detector. Journal of Instrumentation JINST, 10, T04001 (2015).
52. I.I.Strakovsky, R Kondratiev, V.Lisin, A.Mushkarenkov, A.Polonski et al. Photoproduction of the  $\omega$  meson on the proton near threshold. Phys. Rev. C 91, 045207 (2015).
53. J.R.M.Annand, G.Gurevich, R Kondratiev, V.Lisin, A.Mushkarenkov, A.Polonski et al. First measurement of target and beam-target asymmetries in the  $\gamma p \rightarrow \pi^0 \eta p$  reaction. Phys. Rev. C 91, 055208 (2015).
54. A.Kaeser, R Kondratiev, V.Lisin, A.Mushkarenkov, A.Polonski et al. The isospin structure of photoproduction of  $\pi\eta$  pairs from the nucleon in the threshold region. Phys. Lett. B 748, 244 (2015).
55. P. Adlarson, G.Gurevich, R.Kondratiev, V.Lisin, A.Mushkarenkov, A.Polonski et al. Measurement of  $\pi^0$  photoproduction on the proton at MAMI C. arXiv: 1506.08849 [hep-ex].
56. P. Adlarson, G.Gurevich, R.Kondratiev, V.Lisin, A.Mushkarenkov, A.Polonski et al. Measurement of  $\pi^0$  photoproduction on the proton at MAMI C. Phys. Rev. C 92, No. 2, 024617 (2015).
57. V.Nedorezov. Multifragmentation of nuclei: new experimental approaches and results, Published in PoS BaldinISHEPPXXII (2015) 042.
58. I. Pshenichnov, V. Nedorezov, A Tuinge, Multifragment break-up of 12-C in photonuclear reactions: a theorist's point of view ,Published in PoS BaldinISHEPPXXII (2015) 046
59. V.Nedorezov e.a. (GRAAL collaboration), Disintegration of 12 C nuclei by 700–1500 MeV photons , Nucl.Phys. A940 (2015) 264-278

60. B. Bantes, .. V.Nedorezov e.a. (BGO-OD collaboration) The BGO Calorimeter of BGO-OD Experiment. J.Phys.Conf.Ser. 587 (2015) 1, 012042
61. Л.З. Джилавыян. Экспериментальные параметры изовекторного E1 гигантского резонанса в зависимости от корректности учета спектров тормозных фотонов, Известия РАН, сер.физ., 2015, том 79, № 4, с. 581–586.
62. L. Z. Dzhilavyan. Experimental Parameters of the Isovector E1 Giant Resonance, Depending on the Correctness of Bremsstrahlung Photon Spectra Calculations. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics, 2015, Vol. 79, No. 4, pp. 537–542.
63. С.С. Бельшев, Л.З. Джилавыян, Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, А.А. Кузнецов, В.Н. Орлин, К.А. Стопани. Фотоядерные реакции на изотопах титана. Ядерная физика, 2015, том 78, №3-4, с. 246–255.
64. S.S. Belyshev, L.Z. Dzhilavyan, B.S. Ishkhanov, I.M. Kapitonov, A.A. Kuznetsov, V.N. Orlin, and K.A. Stopani. Photonuclear Reactions on Titanium Isotopes. Physics of Atomic Nuclei, 2015, Vol. 78, No. 3-4, pp. 220–229.
65. О.И. Ачаковский, С.С. Бельшев, Л.З. Джилавыян, Ю.Н. Покотиловский. Сечения реакций  $^{14}\text{N}(\gamma, 2n)^{12}\text{N}$ ,  $^{14}\text{N}(\gamma, 2p)^{12}\text{B}$ ,  $^{13}\text{C}(\gamma, p)^{12}\text{B}$  и эмиссия  $\gamma$ -квантов, электронов, позитронов их характерных мишеней при распадах  $^{12}\text{N}$  и  $^{12}\text{B}$ , образованных в этих мишенях. Препринт ИЯИ РАН 1399/2015, март 2015.
66. Л.З. Джилавыян. Проект измерений на ЛУ-50 выходов реакций  $^{14}\text{N}(\gamma, 2n)^{12}\text{N}$  и  $^{14}\text{N}(\gamma, 2p)^{12}\text{B}$ . Препринт ИЯИ РАН 1400/2015, март 2015.
67. Л.З. Джилавыян. «Сечение реакции  $^{115}\text{In}(\gamma, \gamma')^{115\text{m}}\text{In}$  в области E1 гигантского резонанса». Ядерная физика, 2015, том 78, №7-8, с. 668–677.
68. L.Z. Dzhilavyan. “Cross Section for the Reaction  $^{115}\text{In}(\gamma, \gamma')^{115\text{m}}\text{In}$  in the Region of the E1 Giant Resonance”. Physics of Atomic Nuclei, 2015, Vol. 78, No. 5, pp. 624–633.
69. L. Z. Dzhilavyan. “Possibilities to separate IVE1 & IVE2 giant resonances by forward-to-backward asymmetries measured with neutron threshold detectors”. Book of abstracts of LXV International Conference “Nucleus 2015” (editor A.K. Vlasnikov). Saint-Petersburg State University. Saint-Petersburg. 2015. P. 109.
70. Л.З. Джилавыян. «Возможности разделять IVE1 и IVE2 гигантские резонансы при измерении асимметрии вперед-назад вылета нейтронов с помощью пороговых детекторов» Препринт ИЯИ РАН 1402/2015. Москва, июль 2015.
71. С.С. Вербицкий, Л.З. Джилавыян, А.М. Лапик, В.Н. Пономарев, А.В. Русаков, Б.А. Тулупов. Об измерении асимметрии вперед-назад вылета нейтронов в реакциях  $(\gamma, n_0)$  с помощью сцинтилляционных спектрометров. Препринт ИЯИ РАН 1411/2015. Москва, 2015.
72. О.И. Achakovskiy S.S. Belyshev, L.Z. Dzhilavyan, Yu.N. Pokotilovski. “Cross sections of the reactions  $^{14}\text{N}(\gamma, 2n)^{12}\text{N}$ ,  $^{14}\text{N}(\gamma, 2p)^{12}\text{B}$ ,  $^{13}\text{C}(\gamma, p)^{12}\text{B}$ ”. Book of abstracts of LXV International Conference “Nucleus 2015” (editor A.K. Vlasnikov). Saint-Petersburg State University. Saint-Petersburg. 2015. P. 108.
73. S.S. Belyshev, L.Z. Dzhilavyan, Yu.N. Pokotilovski. “Emission of  $\gamma$ -quanta, electrons, positrons from characteristic targets at decays of produced in the targets  $^{12}\text{N}$  and  $^{12}\text{B}$ ”. Book of abstracts of LXV International Conference “Nucleus 2015” (editor A.K. Vlasnikov). Saint-Petersburg State University. Saint-Petersburg. 2015. P. 269.
74. K. Abe, ..., M. Antonova, ..., A. Izmaylov, ..., I. Karpikov, ..., M. Khabibullin, A. Khotjantsev, ..., A. Kopylov, ..., Y. Kudenko, ..., S. Martynenko, ..., V. Matveev, ..., A. Mefodiev, ..., O. Mineev, ..., T. Ovsyannikova, ..., S. Suvorov, ..., N. Yershov ... et al. Measurement of the muon neutrino inclusive charged-current cross section in the energy range 1-3 GeV with the T2K INGRID detector. arXiv:1509.06940 [hep-ex], 23 Sep 2015, 23 pp.
75. A. Mefodiev, M. Antonova, S. Fedotov, A. Khotjantsev, A. Kleimenova, Y. Kudenko, O. Mineev, T. Ovsyannikova, N. Yershov. The design, construction and testing of TASD (Totally Active Scintillator Detector). Poster at PhotoDet2015, International Conference on new

Photo-detectors, Moscow, Troitsk, 6-9 July 2015.

76. A. Kleimenova, S. Fedotov. Characterization of  $3 \times 3 \text{ mm}^2$  SesL SiPM's for NewCHOD detector of NA62 experiment at CERN. Poster at PhotoDet2015, International Conference on new Photo-detectors, Moscow, Troitsk, 6-9 July 2015.

77. F. Hosomi,..., M. Khabibullin, A. Khotjantsev,..., Y. Kudenko,..., A. Mefodiev,..., O. Mineev,..., T. Ovsyannikova,..., S. Suvorov,..., N. Yershov et al., Performance test of new MPPC for a new neutrino detector WAGASCI. Talk at PhotoDet2015, International Conference on new Photo-detectors, Moscow, Troitsk, 6-9 July 2015.

78. Yu. Kudenko. Search for heavy neutrinos in fixed-target experiments. Доклад на м/н конференции The 17th Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics, Moscow State University, Moscow, 20 – 26 August, 2015.

79. T. Kobayashi and Yu. Kudenko. Future LBL experiments in Japan. Доклад на м/н конференции The 17th Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics, Moscow State University, Moscow, 20 – 26 August, 2015.

80. Представлен доклад на Конференции по Подземной физике TAUP 2015, 7-11 September 2015, Torino, Italy, Olga Ryazhskaya «Study of the penetrating component of cosmic rays underground using large liquid scintillation detectors».

81. Представлен постерный доклад на 17 Ломоносовской конференции по физике элементарных частиц А. Ashikhmin et al. “Joint analysis of experimental data on the search for neutrinos from stellar collapses using the LVD and BUST detectors”, Moscow State University, Moscow, 20-26 August, 2015.

82. N. Agafonova et al. (OPERA Collaboration) Discovery of tau neutrino appearance in the CNGS neutrino beam with the OPERA experiment, arXiv:1507.01417, Phys. Rev. Lett. 115, 121802 (Published 17 September 2015).

83. Выступление на 17 Ломоносовской конференции по физике элементарных частиц О. Ryazhskaya "Some remarks on the Experiments for Dark Matter Search"

84. Постерный доклад на 17 Ломоносовской конференции по физике элементарных частиц: N. Agafonova et al. (LVD Collaboration) “Measurement of the muon-induced neutron yield in Fe and Pb using Large Volume Detector at LNGS”

85. Постерный доклад на 17 Ломоносовской конференции по физике элементарных частиц: A. Yudin et al. “Generation of Neutrons by Cosmic-Ray Muons in Different Materials”.

86. A.V.Kopylov, I.V.Orekhov, and V.V.Petukhov Using a Multi-Cathode Counter (MCC) in the Search for Hidden Photon CDM. ArXiv: hep-ex 1509.03033

87. M. Agostini et al., « $2\nu\beta\beta$  decay of  $^{76}\text{Ge}$  into excited states with GERDA Phase I», Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, Volume 42, Number 11

88. M. Agostini et al., «Results on  $\beta\beta$  decay with emission of two neutrinos or Majorons in  $^{76}\text{Ge}$  from GERDA Phase I», Eur. Phys. J. C (2015) 75:416, DOI 10.1140/epjc/s10052-015-3627-y

89. M. Agostini et al., «Improvement of the energy resolution via an optimized digital signal processing in GERDA Phase I», Eur. Phys. J. C (2015) 75:255, DOI 10.1140/epjc/s10052-015-3409-6

90. Yu.M. Gavriljuk, A.M. Gangapshev, A.M. Gezhaev, et al., «High-resolution ion pulse ionization chamber with air filling for the Rn-222 decays detection», arXiv:1508.04295v1 [physics.ins-det].

91. V.V. Alexeenko, Yu.M. Gavriljuk, A.M. Gangapshev, et al., «The study of the thermal neutron flux in the deep underground laboratory DULB-4900», arXiv:1507.05488v2 [nucl-ex].

92. Yu. M. Gavriljuk, A. N. Gangapshev, A. V. Derbin et al., «New experiment on search for the resonance absorption of solar axion emitted in the M1 transition of  $^{83}\text{Kr}$  nuclei», JETP Letters, Volume 101, Issue 10, pp 664-669

93. GERDA collaboration “Production, characterization and operation of  $^{76}\text{Ge}$  enriched BEGe detectors in GERDA” EPJC 75 (2015) 39.