

Важнейшие достижения Института ядерных исследований Российской академии наук в 1 квартале 2015 года

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

С.В. Троицким совместно с соавторами [1] были изучена светимость сверхновых типа Ia. Она после максимума блеска обеспечивается радиоактивными распадами никеля-56 и кобальта-56. Скорости этих распадов пропорциональны константе слабого взаимодействия Ферми, то есть определяются вакуумным средним хиггсовского поля. На основе публично доступных данных по кривым блеска сверхновых типа Ia, изначально предназначенным для задач космологии, получены ограничения на пространственно-временные вариации скорости распада никеля-56. Хотя эти ограничения не слишком строгие, они – единственные в мире, относящиеся к интервалу красных смещений вплоть до $z \sim 1$.

Так же С.В. Троицким и О.Е. Калашевым в рамках коллаборации Telescope Array [2] был исследован химический состав космических лучей с энергиями выше 1 ЭэВ по данным пяти лет наблюдений детектора Middle Drum обсерватории Telescope Array в гибридном режиме. Для повышения качества реконструкции использован новый критерий видимости максимума ШАЛ, основанный на алгоритме распознавания образа. Результат совместен с лёгким, преимущественно протонным составом. Первичные космические лучи, полностью состоящие из ядер железа, противоречат наблюдениям.

Помимо этого, построен спектр космических лучей с энергиями выше 1 ЭэВ по данным 4 лет наблюдений детектора Middle Drum обсерватории Telescope Array, работающего в гибридном режиме с наземной решеткой. Спектр согласуется со спектрами, полученными другими методами на установке Telescope Array и со спектром, полученным в эксперименте HiRes [3].

Д.Г. Левковым и С.М. Сибиряковым с соавтором предложен квазиклассический метод вычисления S-матрицы для двухстадийных гравитационных переходов, включающих в себя коллапс материи с образованием чёрной дыры и испарение последней [4]. Метод учитывает обратное влияние коллапсирующих и хоккингских квантов на фоновую метрику. Авторы иллюстрируют метод в нескольких простых моделях, описывающих сферические самогравитирующие оболочки в асимптотически плоском пространстве и в пространстве анти-Де-Ситтера. Они показывают, что электрически нейтральные оболочки отражаются за счёт вышеприведенного процесса коллапса-отражения с вероятностью $\exp(-B)$, где B – бекенштейновская энтропия промежуточной чёрной дыры. Этот результат находится в согласии с интерпретацией $\exp(B)$ как числа микросостояний чёрной дыры. То же самое выражение для вероятности получается для заряженных оболочек только в том случае, если нестабильность горизонта Коши промежуточной чёрной дыры Рейсснера-Нордстрёма принята во внимание. Предложенный квазиклассический метод открывает новый систематический подход к информационному парадоксу в физике чёрных дыр.

Э.Я. Нугаев совместно с аспирантом А.Шкериным изучили связь между сфалеронами и Q-облаками в теории с глобальной $U(1)$ –инвариантностью. Такая интерпретация возникает при рассмотрении компактифицированной теории. Оказывается, что для определенного типа потенциалов устойчиво не только решение, соответствующее Q-шарам, но и нелокализованный конденсат частиц. Примечательно, что обычно существование Q-шаров обычно связывают с неустойчивостью конденсата,

однако, как показано в работе, это требование не является необходимым [5].

В работе [6] было показано, что сценарий (псевдо-)конформной Вселенной может быть реализован в результате распада конформно инвариантного метастабильного вакуума, который протекает за счёт спонтанного образования и последующего роста пузыря новой фазы. Были изучены возмущения такого пузыря и показано, что их ведущие поведение при поздних временах совпадает со свойствами возмущений, которые возникают в предложенной ранее модели с однородным скатывающимся полем. В частности, возмущения спектаторного поля нулевой размерности имеют плоский спектр мощности.

А.Л. Катаевым с соавтором из ОИЯИ впервые показано, что применения метода бета-разложения с привлечением элементов суперсимметрии глюонных степеней свободы для пересуммирования рядов теории возмущений в КХД в 3-м порядке теории возмущений в полном сечении аннигиляции электрон-позитронной пары в адроны и несинглетных вкладов в правила сумм глубоконеупругого рассеяния отличается от варианта аналогичного подхода, развиваемого Бродским (СЛАК, США) и его коллегами из Китая, выполнением строгих связей между независимыми от элементов бета-функции КХД соотношениями между коэффициентами для этих величин, базирующихся на принципе строгой конформной симметрии. Предложена модификация обобщённого метода Бродского-Лепаж-Макензи, для которых 3-х петлевые приближения изучаемых величин могут быть использованы для обработки данных начиная с области 2 ГэВ, в которой имеются экспериментальные данные. В случае, когда данная модификация не применяется и учитываются лишь члены, удовлетворяющие конформно-инвариантным связям, 3-х петлевые поправки являются большими и увеличивают теоретические неопределенности обработки экспериментальных данных [7].

С.В. Демидов совместно с Д.С. Горбуновым и Д.В. Кирпичниковым изучили феноменологии модели с асимметричной тёмной материей - хилогенезиса – в экспериментах на ускорителях (LHC). Из сравнения с ограничениями экспериментов ATLAS и CMS на сечения процессов с джетом и недостающей энергией, получены ограничения на пространство параметров этой модели. Также в работе были предложены дополнительные способы поиска такой тёмной материи на ускорителях - в частности в событиях с одним топ-кварком а также в событиях с четырьмя джетами. По результатам работы опубликована статья [8].

С.В. Демидов совместно с аспирантом К.О. Астаповым завершили работу по изучению феноменологии смешивания в хиггсовском секторе суперсимметричных моделей с низким масштабом нарушения суперсимметрии. В таких моделях, помимо обычного суперсимметричного спектра на электрослабом масштабе присутствуют дополнительные скалярные степени свободы - сголдстино. Показано, что смешивание скалярного сголдстино с легчайшим бозоном Хиггса может быть значительным, особенно в случае, когда его масса близка к массе скалярного сголдстино. Проведено сканирование по пространству параметров модели с учётом современных экспериментальных ограничений, в том числе ограничений из экспериментов на LHC, с целью поиска феноменологически приемлемых моделей. Изучено влияние смешивания на феноменологию легчайшего бозона Хиггса и распады скалярного сголдстино. По результатам работы опубликована статья [9].

С.В. Демидов в рамках коллаборации “Байкал” проанализировал чувствительность нейтринного телескопа Байкал-ГВД к нейтринному сигналу от аннигиляции или распадов частиц темной материи в центре нашей Галактики. Для минимальной конфигурации из 12 кластеров за 1 год наблюдения получены ожидаемые ограничения на скорость аннигиляции частиц тёмной материи и её время жизни для нескольких

каналов аннигиляции/распада. Полученная чувствительность сравнима с существующими пределами других нейтринных телескопов. По результатам работы сделан доклад [10] и подготовлена работа [11], которая принята к публикации в Письма в ЖЭТФ. Также по этому направлению в отчетный период опубликована работа [12].

С.В.Демидов и Д.Г.Левков развили самосогласованное квазиклассическое описание распада ложного вакуума индуцированного столкновениями частиц в (1+1)-мерной теории поля. Численно для конкретного потенциала показано, что вероятность такого процесса растёт с ростом энергии сталкивающихся частиц, но остаётся экспоненциально подавленной при всех энергиях. При этом при энергии выше некоторого критического значения, зависящего от числа сталкивающихся частиц, экспонента подавления остается постоянной. При таких энергиях процесс описывается особым классом комплексных решений классических уравнений поля вдоль действительного времени. Предложены аргументы в пользу того, что теория возмущений для процессов распада ложного вакуума, индуцированного двухчастичными столкновениями, на фоне таких решений оказывается стабильной даже в пределе высоких энергий. В этом высокоэнергичном режиме процесс происходит путём испускания большого количества низкоэнергичных частиц, соответствующих энергии классического решения, а избыток уносится изначально сталкивающимися частицами. По результатам работы подготовлен препринт [13].

Ю.С. Верновым теорема единственности фон Неймана распространена на теории, содержащие нефизические частицы, то есть на калибровочные теории в ковариантной калибровке [14].

Первый кластер детектора Baikal-GVD.

В первом квартале была организована и проведена экспедиция на оз.Байкал, в ходе которой был осуществлён монтаж трёх новых гирлянд создаваемого кластера и ещё одна гирлянда доукомплектована недостававшими оптическими модулями. Первый кластер детектора Baikal-GVD был развёрнут в полном масштабе (192 оптических модуля). Начата настройка параметров измерительных каналов новых гирлянд и оптимизация порогов регистрации установки в целом.

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

В соответствии с планом эксперимента ALICE по модернизации триггерной системы, обеспечивающей дополнительный триггерный уровень LM, и необходимости работать при выводе пучков в 2015 году с расстоянием 50 нс и 25 нс между банчами были выполнены работы по перемещению и оптимизация электроники детектора T0. Новое положение электроники потребовало создание в марте 2015 года защиты от влияния на работу электроники и лазерной системы калибровки детектора T0 остаточного магнитного поля соленоида и диполя установки ALICE. В 1 квартале 2015 года завершены работы по модернизации программного обеспечения для калибровки детектора во время набора данных, системы управления и контроля детектором, системы считывания данных, модернизации триггерной электроники детектора. Проведены настройка и тестирование новой электроники для амплитудных измерений, обеспечивающих преобразования заряда во время с частотой 40 МГц. Успешно были проведены первые тестовые испытания модернизированного детектора T0 на пучке LHC (6-8 марта 2015 г.). Детектор подготовлен к физическим измерениям 2015 года.

Для определения абсолютного сечения рождения J/ψ 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. Вычислено видимое триггерное сечение детекторов T0 и V0. Начата подготовка статьи в журнал.

В первом квартале 2015 г. для специального выпуска "Physics at a Fixed Target Experiment Using the LHC beams" журнала Advances in Nuclear Physics подготовлена и послана в печать статья А.Б. Курепин, Н.С.Топильская "Quarkonium production and proposal of the new experiments on fixed target at LHC".

Создание сверхбыстродействующих компонентов детекторной системы ФИТ тяжёлоионного супердетектора ALICE Большого адронного коллайдера ЦЕРН.

Для обеспечения возможности проведения экспериментальных исследований на пучках Большого адронного коллайдера после реконструкции коллайдера в 2017-2018 гг., когда его светимость будет увеличена более чем в 10 раз проводятся работы по разработке на установке ALICE нового эффективного метода регистрации элементарных частиц на основе детекторного устройства ФИТ с высоким временным разрешением (30 – 50 пс) для поиска и исследования свойств нового состояния ядерного вещества. В 1 квартале 2015г. выполнены теоретические исследования возможностей использования детектора ФИТ для формирования триггерных сигналов нулевого уровня и эффективности регистрации заряженных частиц для p-p столкновений и периферических событий для Pb-Pb. Проведены расчёты измерений множественности рожденных заряженных частиц, плоскости реакции, определения центральности взаимодействия и оценки разрешения этих измерений. Продолжаются работы по оптимизации геометрии ФИТ детектора по результатам моделирования и анализа данных тестовых измерений на пучках ускорителя PS, ЦЕРН 2014 года. Продолжены работы по разработке прототипов электроники для детектора ФИТ.

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

В 1 квартале 2015г. продолжался начатый ранее анализ данных по азимутальной анизотропии потоков заряженных частиц для реакции Au+Au, полученных коллаборацией HADES с участием ИЯИ РАН в сеансе 2012 г. при энергии налетающих ядер золота 1.23 ГэВ на нуклон в лабораторной системе. В дополнение к ранее проведённому анализу азимутальной анизотропии потоков протонов, ядер дейтрона и трития с учётом высших гармоник V3 и V4, получены первые результаты анализа азимутальной анизотропии потоков каонов. Результаты доложены на совещании коллаборации ХАДЕС 18 -20 марта 2015г. в Дармштадте. Начата подготовка статьи в журнал.

Продолжаются работы по модернизации модулей электромагнитного калориметра на основе свинцового стекла. В начале марта 2015г. группой ИЯИ были дополнительно получены в ЦЕРНе 260 модулей и доставлены в ГСИ для последующей их модернизации.

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

С 9 февраля по 8 апреля 2015г. в ЦЕРНе на установке NA61 проводится сеанс по исследованию выходов частиц в столкновениях ядер аргона с ядрами скандия при энергиях налетающих ядер аргона 13, 20, 30, 40, 75 и 150 АГэВ. В этом сеансе группа ИЯИ принимает участие в сменах и обеспечивает контроль параметров переднего адронного калориметра, который используется в эксперименте для определения центральности взаимодействий. В начале сеанса проведена работа по запуску

калориметра и проверка работы всех системы контроля питания, системы охлаждения, стабилизации и контроля температуры 440 фотодиодов калориметра, системы контроля стабильности усилителей фотодиодов и системы считывания информации с калориметра в общую систему считывания установки.

Ведётся работа по разработке программного обеспечения для моделирования адронного калориметра в общем пакете программ SHINE установки NA61.

Исследование свойств сжатой барионной материи на установке CBM в GSI.

Технический проект переднего калориметра, разработанного группой ИЯИ для установки CBM на создаваемом ускорительном комплексе FAIR в Дармштадте в марте 2015г. был окончательно утвержден ресурсным комитетом FAIR. В настоящее время ведётся работа над контрактом между ИЯИ и FAIR по изготовлению калориметра в ИЯИ РАН.

Исследование коллективных эффектов и не нуклонных степеней свободы в ядрах, переходных процессов в сжатой ядерной материи при столкновениях протонов и тяжёлых ионов с ядрами.

Подготовлен первый вариант Технического проекта переднего калориметра ZDC для установки MPD на сооружаемом коллайдере NICA.

Проведена подготовка к новому сеансу измерений на внутреннем пучке Нуклотрона по исследованию аномальной зависимости от энергии выхода пи-мезонов с использованием пробегового телескопа. Для прецизионного измерения интенсивности пучка дейтронов разработан метод с использованием системы Bergoz.

Поиск массы электронного антинейтрино: исследование систематических эффектов.

Проведено исследование вклада начальных состояний молекулы трития на ширину ровибрационной полосы в спектре конечных состояний дочернего молекулярного иона.

Проанализировано влияние временной структуры данных на проявление т.н. «степ-эффекта» в данных «Троицк ню-масс». Моделирование по методу Монте-Карло не выявило возникновения ложного эффекта периодичности для реализованного набора временных точек измерения.

Начаты работы по исследованию влияния последних расчётов спектра конечных состояний на определяемую 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 первом квартале 2015 года была продолжена работа по модернизации установки и подготовке к физическим измерениям:

- Произведён ремонт двух гидравлических клапанов отсечения жидкого азота в криогенных ловушках в паро-ртутных насосах. Изготовлены новые детали взамен неисправных. Выполнены испытания клапанов на герметичность.

- Закончено оснащение газового контура термодатчиками с использованием новой системы контроля.
- Выполнен ремонт и замена отдельных частей в сосуде-испарителе жидкого азота в системе вакуумной откачки контура.
- Проведён полный запуск (включая все насосы, с заливкой жидким азотом крио-ловушек, прогревом патронов очистки газа) в холостом режиме всего замкнутого газового контура. С помощью масс-анализатора проверено содержание патронохранилищ и патрона очистки.
- Изготовлен и испытан на вакуумную герметичность новый патрон-хранилище изотопов водорода.
- Проведены испытания работоспособности двух высокопроизводительных магниторазрядных насосов.
- Восстановлена вакуумная изоляция в сосуде-танке для хранения жидкого азота.
- Проведён ремонт и вакуумные испытания безмасляного турбомолекулярного насоса.
- Проведены расчёты и по ним изготовлен поворотный электромагнит для испытательного вакуумного стенда.
- Начаты испытания детектора на основе лавинных фотодиодов для регистрации электронов с энергией ниже 20 кэВ.
- В целом, написано программное обеспечение для модернизированной системы записи экспериментальных данных. Ведётся отладка отдельных блоков программы.
- Продолжена обработка экспериментальных данных, полученных в ходе последнего сеанса измерений в декабре 2014 г.
- Полностью подготовлена к печати статья с описанием программы и экспериментальной базы готовящегося эксперимента по поиску тяжёлой компоненты нейтрино в бета-распаде трития.
- Проведены вычисления соответствия параметров давления разряжённого газа, наполняющего замкнутый контур, в разных частях контура.

Поиск редких мюонных процессов с нарушением лептонных чисел (эксперимент $Mu2e$)

В первом квартале 2015 г. проведены измерения энергетического разрешения кристалла LYSO с фотоэлектронным умножителем ЕМІ-9813В с использованием различных ($Co60$, $Cs137$, $Na22$) радиоактивных источников. Основываясь на результатах можно надеяться на создание быстрого калориметра в области низких энергий (50 МэВ) с лучшим в мире относительным разрешением порядка 1%.

Поиск тёмной материи Вселенной.

Для поиска частиц тёмной материи с массой менее 0.5 ГэВ/с² создана камера, заполняемая газовой смесью неон + водород (0-1 бар) с детектирующей системой: газовый электронный умножитель в сочетании с анодом-остриём. Статья послана в печать.

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

Проведено дальнейшее теоретическое изучение эксклюзивной реакции (γ , η' р) на ядре углерода и на водородной мишени при энергии первичных фотонов 1.25-2.6 ГэВ в рамках разработанной ранее физической модели данной реакции, включающей в себя прямой и двухступенчатые процессы, а также новейшую информацию о сечениях этих

процессов. Сделан ряд новых контрольных расчётов сечений данной реакции для этих мишеней в кинематических условиях эксперимента, выполненного коллаборацией CBELSA/TAPS (Германия) на ускорителе ELSA и проведено их сравнение с последними данными этого эксперимента CBELSA/TAPS. Расчёты были выполнены с целью дополнительной проверки правильности определения аксептанса спектрометра Crystal Barrel/TAPS для данной реакции, что позволит уточнить эксперимент и получить важную информацию о величине сдвига массы η/prime мезонов в ядерной среде. Подготовлена публикация.

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

Закончена работа над статьёй «Модели с неэрмитовым Гамильтонианом и оптическая теорема» и она направлена в журнал «Теоретическая и математическая физика».

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

Ведётся работа над созданием компьютерных программ, моделирующих процессы аннигиляции медленных нейтронов на ядрах углерода. Подготовлен препринт.

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

Проведена плановая подготовка одного из детекторов - дрейфовых камер центрального спектрометра установки. Была вскрыта одна из камер размером 2x4 метра с целью удаления порвавшихся проволок, находящихся под высоким напряжением; установлено несколько плат электроники взамен испортившихся.

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

Совместно с Д.Е.Ланским (НИИЯФ МГУ) и И.К.Поташниковой (Университет Санта Мария, Вальпараисо, Чили) проводятся расчёты спектров ядерных состояний с квантовыми числами странность (-2, -3...) и очарование (прелесть). Расчёты энергий связи проводятся в рамках топологической солитонной модели. Впервые изучается влияние на энергию связи изменения масштаба всего скирмиона (сжатия или расширения как целого).

Доклад «Buddha's light» of cumulative particles (nuclear glory phenomenon), авторы В.Б.Копелиович, Г.К.Матушко, И.К.Поташникова, представлен на Международной конференции «Quarks and Nuclear Physics» QNP-2015, Вальпараисо, Чили, 2 – 6 марта 2015 г. Готовится к изданию брошюра с тем же названием (В.Копелиович, Г.К.Матушко, издательство Scholars' Press, 66121, Saarbrücken, Germany)

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

Подготовлено 10 секций на основе пропорциональных He-3 счётчиков для регистрации нейтронов. Каждая секция состоит из 5 счётчиков типа СНМ-33 в виде пластины с габаритами 50x3x15 см³, что позволяет формировать различные конфигурации нейтронных детекторов либо с большой толщиной для достижения высокой эффективности регистрации быстрых нейтронов, либо с большой поверхностью для охвата максимального телесного угла рассеяния тепловых нейтронов. Предполагается использовать такие пластины при исследовании процесса

рассеяния нейтронов в экспериментах по ядерной физике и физике конденсированных сред.

Разработан спектрометр для экспериментов по исследованию неупругого рассеяния нейтронов в конденсированных средах и по измерению дважды дифференциальных сечений в тепловой области энергий на основе механического прерывателя нейтронов и гравитационного монохроматора.

Исследованы возможности изучения нейтрон - нейтронного взаимодействия с использованием методики догоняющих нейтронов, нейтрон - электронного взаимодействия, взаимодействия нейтронов с гравитационным и электрическим полями, экспериментов по поиску нейтральных нейтронных ядер типа бинейтронов, тринейтронов и с большим содержанием нейтронов.

Разработаны два быстродействующих многосекционных детектора гамма-лучей объемом 250л и 400л на основе растворителя ЛАП и гадолиниевого поглотителя нейтронов, которые будут использоваться для проведения исследований на импульсных нейтронных источниках РАДЭКС в г. Троицке и ИРЕН (ИБР) в г. Дубна.

Разработана методика измерения сечения неупругого рассеяния и сечения радиационного захвата с использованием прямой и обратной сферической геометрии.

Исследовано влияние плазмы, созданной импульсным генератором, работающим по принципу магнитоплазменного компрессора, на жидкие среды при различных условиях на макетах и устройствах.

Достигнута договоренность о сотрудничестве между ИЯИ и ФЭИ по проведению измерений сечений деления и захвата минорных актинидов на нейтронных источниках РАДЭКС и СВЗ-100 с помощью уникальных быстродействующих камер деления ФЭИ, подготовлен протокол о сотрудничестве ИЯИ и ФЭИ.

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

Показано, что аргоновая терапия помогает заживлять раны в 3 раза быстрее и без гнойных осложнений. Технология внедряется в госпитале МВД в Екатеринбурге. Предложен проект лечения раненых на Украине (через «Долину МГУ»).

Исследование аномального электромагнетизма в углеродных конденсатах.

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

Разработка технологии, получение опытных образцов и исследование особенностей электродинамики нанокристаллических композитов фононных резонаторов.

Подана заявка на патент РФ «Термометр термоядерной плазмы и способ его реализации»

Физика и техника сильноточных ускорителей на средние и промежуточные энергии.

Основные усилия отдела в первом квартале были направлены:

- На подготовку и проведение сеансов работы ускорителя.
- На выполнение обязательств Института по договорам со сторонними организациями.
- На анализ состояния каналов транспортировки пучка на нейтронные источники ИН-06 и СВЗ-100 и подготовку их модернизации.

В первом квартале 2015 года на сильноточном линейном ускорителе ИЯИ РАН проведено 3 сеанса, направленных на разработку технологии получения радиоизотопов и наработку изотопов, на исследования формирования пучка на изотопном комплексе, а также на исследования и модернизацию ускорителя. Продолжительность сеансов составила 945 часов. Нарботка ускорителя по программе получения радиоизотопов составила 60510 мкА·часов при среднем токе пучка до 130 мкА и энергии 143 МэВ. Впервые за весь период эксплуатации ускорителя была достигнута интегральная наработка за 12-часовую смену свыше 1400 мкА·часов.

Всего с начала регулярной работы ускорителя проведено 116 сеансов общей продолжительностью 42611 часов.

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».

Продолжено выполнение НИР по договору с ФБГУ ГНЦ ИФВЭ по теме «Разработка технического проекта модернизации источника ионов водорода в каскаде ускорителей ЛУ-30 и У-1.5».

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 UNILAS и линейный ускоритель непрерывного действия)».

Продолжено выполнение НИР по договору с ОИЯИ по теме «Создание опытных образцов оборудования диагностики пучка для LEBT ЛУ-20 и NILAS комплекса NICA ОИЯИ» и 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».

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 Институтом ядерных исследований 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.) проведены работы, включающие в себя исследования в процессе облучения мишеней на ускорителе ИЯИ РАН, отправку облученных мишеней с образовавшейся активностью стронция-82 в Лос-Аламосскую национальную лабораторию: проведение облучения 6 рубидиевых мишеней на установке изотопного комплекса на ускорителе 23 янв. - 6 февр., 20 февр. - 6 марта, 20 - 31 марта 2014 г.

Изучено влияние повышение интенсивности пучка (до 130 мкА) на выход радионуклида при быстром круговом сканировании пучка с частотой 4,8 кГц. Предварительные данные говорят о том, что повышение тока не приводит к снижению выхода. Но смещение по оси X даже на доли мм оказывает существенное влияние.

2. Изучение процесса по прямому извлечению стронция-82 методом сорбции из жидкого рубидия из реальных мишеней, облученных в ИЯИ РАН

В ходе визита в Брукхэйвенскую национальную лабораторию (США) обсуждены возможности сотрудничества в области получения стронция-82, связанные с планами перехода на технологию ИЯИ РАН.

В рамках Соглашения о научном сотрудничестве между ИЯИ РАН и ARRONAX GIP по внедрению технологии ИЯИ РАН (от 9 февраля 2009 г.) «Получение и химическое выделение стронция-82 из мишеней металлического рубидия» совместно с ARRONAX выполнены следующие работы:

- Модернизирована установка по выделению стронция-82 из облучённой металлической рубидиевой мишени: улучшена конструкция устройства подачи облучённой мишени в печь нагрева 300°C и держатель мишени в печи.

- Проведены исследования по оптимизации стадии нейтрализации металлического рубидия после выделения из него стронция-82 с целью определения наиболее безопасных и эффективных режимов нейтрализации.

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

С учетом требований к параметрам введения радиофармпрепарата (РФП) на основе рубидия-82 при диагностировании методом позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ), рекомендованных РНЦРХТ (г. Санкт-Петербург, РФ), проведен расчёт радиационной нагрузки (мощность дозы гамма-излучения) на детекторы ПЭТ-сканера при диагностических процедурах при различных величинах диагностической дозы РФП (активность рубидия-82, вводимая в пациента). На основании этого была рассчитана толщина стационарной защиты из сплава на основе вольфрама для обеспечения корректной работы датчиков ПЭТ-сканера максимальная (около 1.5 см).

Разработаны конструктивные изменения в генераторной колонке, позволяющие уменьшить её гидродинамическое сопротивление в ~2 раза. При этом гидродинамическое сопротивление всей генераторной системы (генераторная колонка + жидкостные коммуникации) уменьшится на ~25-30%.

4. Разработка проекта сооружения нового циклотрона и РХЛ для производства стронция-82.

Совместно с Центром ядерной медицины и ОУК выработаны условия для разработки технического задания на проектирование реконструкции здания 25 для установки там циклотрона С70 бельгийской фирмы IBA (энергия протонов 70 МэВ), на котором планируется массовая наработка стронция-82. Его выделение планируется осуществлять в РХЛ в пристройке зд.12/17. Проводятся работы по определению финансирования строительства РХЛ в рамках бюджета Союзного государства с Белоруссией.

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

В рамках выполнения договора, заключённого 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, облучённых протонами средних энергий проведены следующие работы:

- На ускорителе ИЯИ РАН с протонами энергией 143 МэВ облучена мишень из металлического тория.

- Проведены исследования, направленные на интенсификации процесса совместного выделения актиния-225 и радия-223. Модернизирована методика растворения мишени в условиях горячей камеры.

- Измерены коэффициенты распределения основных радионуклидов на экстракционно-хроматографических сорбентах DGA Resin и Sr Resin (TrisKem) в зависимости от концентрации HClO₄ и улучшена очистка радия-223 от радиоизотопов сурьмы.

- Получены препараты актиния-225 и радия-223 высокой радионуклидной чистоты с выходом около 90% (для радия-223 – впервые).

- Изготовлен лабораторный вариант генератора $^{225}\text{Ac}/^{221}\text{Fr}/^{213}\text{Bi}$ на основе экстракционно-хроматографического сорбента Actinide Resin. Проводятся эксперименты по отделению ^{221}Fr и концентрированию ^{213}Bi с помощью сорбентов AMP-PAN и KNiFC-PAN (фирма TrisKem).

- Проводятся эксперименты по инкорпорированию радия-223 в частицы гидроксиапатита различного размера, включая наночастицы, двумя способами: объемным соосаждением из препарата радия-223 в процессе получения частиц гидроксиапатита; и осаждением радия-223 на поверхности готовых частиц. Исследуются кинетика сорбции, эффективность иммобилизации радия в зависимости от соотношения твердой и жидкой фаз и кинетика десорбции радия раствором 0,9% NaCl для последующего медицинского применения.

- Разработан метод получения из облученной ториевой мишени проактиния-230 с использованием экстракции метилизобутилкетонем с последующей ре-экстракцией растворами H_2SO_4 – HF. Проводятся эксперименты по отделению дочернего урана-230 от проактиния-230 с целью изготовления генератора $^{230}\text{U}/^{226}\text{Th}$ и определения режимов элюирования ^{226}Th .

Проведение важнейших рабочих совещаний

1. Брукхэйвенская национальная лаборатория, США. 21 января 2015. от ИЯИ РАН – Б. Жуйков; от БНЛ - Berndt Mueller (Associated Director), Phil Pile (Division Director), Leonard Mausner (Project Leader) и др. Сотрудничество ИЯИ РАН и БНЛ в области исследований и разработок по производству медицинских изотопов.

2. ИЯИ РАН, Троицк. 24 марта 2015. ИЯИ РАН – А.В. Фещенко, Б.Л. Жуйков, Ю.Г. Габриелянц, В.Л. Серов и др.; от ЦРЯМ - А.А. Хасин, В.Е. Бедарев; от ЗАО «Комета» - А.П. Хромов и др.; от ЗАО «Спецпроект» - И.В.Коровицкий и др. Выработка условий для проектирования реконструкции здания 25 для размещения там циклотрона С70.

3. ИЯИ РАН, Троицк. 18 марта 2015. ИЯИ РАН – Б.Л.Жуйков, В.В. Скворцов, В.М. Чудаков, В.М.Коханюк и др.; от Национального ПЭТ-центра Белоруссии (Минск) – С.Д. Бринкевич. Финансирование проекта создания РХЛ и производства генератора рубидия-82 для ПЭИТ-диагностики кардиологических и онкологических заболеваний из бюджета Союзного государства с Белоруссией.

4. РНЦРХТ, Санкт-Петербург. 20 марта 2015. от ИЯИ РАН - Б.Л. Жуйков; от РНЦРХТ – акад. А.М. Гранов, проф. Л.А. Тютин и др. Начало проведения рутинной ПЭТ-диагностики с помощью генератора рубидия-82: проблема поставки стронция-82 и помещения для зарядки генератора. Финансирование проекта из бюджета Союзного государства с Белоруссией.

Исследование взаимодействия нуклонов с малонуклонными системами и лёгкими ядрами.

Для исследования различных вариантов п-γ разделения по форме импульсов проводилось облучение быстрых сцинтилляторов нейтронами и гамма-квантами PuBe-источника. В качестве детекторов использовались сцинтилляторы на основе кристаллов стильбена и жидкие водородосодержащие и дейтерированные сцинтилляторы. Рассмотрены различные варианты оптимизации п-γ разделения, в том числе метод линеаризации, использование двумерной информации и поворота координат [45].

Начато исследование отклика различных водородосодержащих сцинтилляторов на облучение нейтронами [46]. Моноэнергетические нейтроны были получены в реакции $d(d,n)^3\text{He}$ в различных конфигурациях совпадательного эксперимента с регистрацией

как нейтрона так и ^3He . В эксперименте мишень из дейтерированного полиэтилена облучалась пучком дейтронов с энергией 15 МэВ ускорителя У-120 НИИЯФ МГУ.

Предложено исследование pp -корреляций в реакциях с двумя протонами в конечном состоянии: $d + ^2\text{H} \rightarrow (pp) + (nn)$ и $^3\text{He} + ^2\text{H} \rightarrow ^3\text{H} + (pp)$. Для этих измерений создана экспериментальная установка с одновременным детектированием как двух протонов от развала квазисвязанного состояния, так и третьей частицы (нейтрона или тритона, соответственно). Для регистрации двух протонов под небольшими углами разлёта (определяемыми энергией квазисвязанного состояния, близкого к порогу развала на два протона) создан детектор, состоящий из матрицы (4x4) сцинтилляционных кристаллов LYSO с размерами 2мм*2мм*10мм, установленных на поверхности фотодиодов MAPD-3N.

Продолжены исследования реакций срыва нуклона и срыва остова гало-ядра в дифракционной модели с использованием приближённых методов расчёта. Получены распределения по продольному импульсу наблюдаемых частиц в случае достаточно больших радиусов ядер-мишеней. По результатам работы отправлены тезисы доклада на Международную конференцию.

Разработка методов и аппаратуры низкофоновых измерений гамма-излучений с использованием германиевых гамма-спектрометров.

На фотонейтронном источнике нейтронов ИЯИ РАН, установленном на пучке 8 МэВ-электронов линейного ускорителя ЛУЭ-8-5 проведён нейтронно-активационный анализ образцов материалов аэрозольных фильтров, предназначенных для отбора проб аэрозолей в процессе аэрологических измерений. Образцы облучались потоком тепловых нейтронов в рабочей камере фотонейтронного источника. Активность образцов была измерена в низкофоновой камере с помощью γ -спектрометра из особоочистого германия. Результаты нейтронно-активационного анализа указывают на отсутствие заметных фоновых вкладов для кварцевых фильтров. Для фильтров из стекловолокна характерно присутствие в γ -спектрах сильных линий от распада ^{24}Na . Идентификация линий была проведена по результатам определения энергии и периода полураспада для наблюдаемых линий и также по результатам НАА для эталонных образцов NaCl. Наличие Na в фильтрах затруднит определение примесей, поэтому фильтры из кварцевого волокна более пригодны для нейтронно-активационного анализа.

По результатам анализа образцов NaCl, получены независимые оценки плотности потока тепловых нейтронов внутри рабочей камеры источника, которые совпали с измерениями методом нейтронно-активационного анализа с эталонными образцами ^{63}Cu .

Посланы тезисы доклада на Международную конференцию NUCLEUS 2015 [1].

Разработка источника медленных нейтронов на базе линейного ускорителя ЛУЭ-8.

Разработан и установлен на пучке 8 МэВ-электронов линейного ускорителя ЛУЭ-8-5 W-Be фотонейтронный источник. Источник содержит вольфрамовый $e\text{-}\gamma$ конвертер, бериллиевую нейтронообразующую мишень, полиэтиленовый замедлитель, камеру облучения, коллиматор выводного пучка нейтронов, а также внешнюю нейтронную защиту из борированного полиэтилена. Для снижения тепловыделения вольфрамовый конвертер оборудован системой водяного охлаждения. Рабочая камера предназначена для размещения образцов, облучаемых, например, для целей нейтронно-активационного анализа. Коллимирующее устройство предназначено для работы с выведенным нейтронным пучком. Проведены измерения плотности потока тепловых

нейтронов в источнике. Посланы тезисы доклада на Международную конференцию NUCLEUS 2015 [1].

Исследование взаимодействия нейтронов малых энергий с ядрами с возбуждением коллективных степеней свободы.

Подготовлены тезисы доклада на LXV Международную конференцию по ядерной физике «Ядро 2015. 29 июня — 3 июля 2015 года, Санкт-Петербург, Россия.

Совершенствование средств и методов аварийной радиационной защиты для обеспечения пожарной безопасности радиационно-опасных объектов и экологической чистоты ядерной энергетики.

В результате систематизации и анализа данных измерений и оценок дозовых характеристик аварийного облучения на корабельных ядерных энергетических установках получены формулы, позволяющие оценить вклады двух неосновных радиационных поражающих факторов в эффективную эквивалентную дозу (изотропного) сочетанного облучения тела при авариях на ЯЭУ. Проведена оценка эффективных эквивалентных доз, полученных при авариях на ЯЭУ на основании данных измерений гамма доз при сочетанном облучении, последующих измерений активности йода-131 в щитовидной железе и данных наблюдений при лечении пострадавших. Полученные данные указывают на необходимость пересмотра оценки тяжести сочетанного поражения.

Международный проект GERDA.

На основе экспериментальных данных, полученных в первой фазе эксперимента GERDA выполнен поиск двойного бета распада ($2\nu\beta\beta$) изотопа ^{76}Ge на три возбуждённых уровня. Использовались данные по 14-ти германиевым детекторам обогащённым по изотопу ^{76}Ge , погруженным в жидкий азот. Анализ был основан на поиске совпадений сигналов двух детекторов, в одном из которых регистрировался гамма квант от распада возбуждённого состояния ядра ^{76}Se и двух электронов от двойного бета распада в другом. Из отсутствия сигнала получены верхние пределы для искомых распадов на уровне $T(1/2) > (1,6-2,3) \cdot 10^{23}$ лет. Полученные пределы превосходят на два порядка значения, полученные в предыдущих аналогичных экспериментах.

Участие в международном эксперименте GERDA по поиску безнейтринного двойного бета-распада изотопа ^{76}Ge .

По полученным результатам подготовлена статья для публикации.

Новый этап эксперимента по поиску 2К-захвата в ^{78}Kr и ^{124}Xe с помощью пропорциональных счетчиков.

Измерения с Xe-124 продолжаются, набрана статистика за 3000 часов. По результатам измерений за 1800 часов получен предел на период полураспада Xe-124 относительно 2К-захвата на уровне $T_{1/2} \geq 2.5 \cdot 10^{21}$ лет, данный предел является лучшим в мире для данного изотопа.

Изучение вариаций потока тепловых нейтронов природного происхождения в подземной лаборатории с помощью тонких сцинтилляционных детекторов большой площади на основе ZnS(Ag) с добавкой ^6LiF

Второй этап измерений продолжается, набрана статистика за ~12000 часов измерений. Обнаружена вариация потока тепловых нейтронов связанная с лунными приливными эффектами с периодичностью 27 дней. Результаты доложены на конференции.

Экспериментальная проверка стабильности периода полураспада альфа-активного ядра ^{214}Po .

Продолжаются измерения на установка ТАУ1 и ТАУ2. Обработаны результаты непрерывных измерений периода полураспада ^{214}Po (τ) на установках ТАУ-1 и ТАУ-2 за 590 дней. В ряду значений τ обнаружены годовая вариация с амплитудой $A=(8.9\pm 2.3)\cdot 10^{-4}$, солнечно-суточная вариация с амплитудой $A_c=(7.5\pm 1.2)\cdot 10^{-4}$, лунно-суточная вариация с амплитудой $A_l=(6.9\pm 2.0)\cdot 10^{-4}$ и звёздно-суточная вариация с амплитудой $A_z=(7.2\pm 1.2)\cdot 10^{-4}$. Максимумы амплитуды наблюдаются в моменты достижения максимального значения проекцией вектора скорости точки поверхности Земли с установкой на направление к исследуемому источнику возможных вариаций. Усреднённое за 590 дней значение периода полураспада ^{214}Po составило величину $\tau = 163.46\pm 0.04$ мкс.

Изготовлен источник Th-229 активностью 40Бк (Bi-213, Po-213) для установки ТАУ3, для измерения стабильности периода полураспада изотопа Po-213 ($t=4.2\text{ms}$).

Поиск солнечных адронных аксионов.

Завершено комплектование образца Kr-83 обогащённого до уровня 99% объёмом ~20л. Ведется подготовка измерений с новым образцом. По результатам измерений с предыдущим образцом Kr-83 (58%) получено ограничение сверху на массу адронного аксиона на уровне 99.5эВ.

Проблема геофизических нейтрино. Обоснование создания большого сцинтилляционного детектора в БНО ИЯИ РАН.

Проведены расчёты антинейтринного излучения от ядерных реакторов в Баксанской нейтринной обсерватории. Такие расчёты необходимо проводить регулярно, так как обстановка с производством атомной энергии в мире постоянно меняется: вводятся в действие новые блоки, какие-то блоки выводятся из эксплуатации и т.д. Продолжались работы по измерению содержания ^{14}C в жидком сцинтилляторе при помощи детектора малого объёма. Подготовлены новые образцы сцинтиллятора, которые отправлены в БНО для измерений.

Исследование осцилляций реакторных нейтрино в российских и зарубежных экспериментах.

С января 2015 г. Double Chooz приступил к измерениям двумя детекторами - ближним и дальним. Ближний детектор официально принят в эксплуатацию. Сотрудники ИЯИ в первом квартале принимали участие в удаленном мониторинге обоих детекторов.

Разработка альтернативных методов детектирования космических нейтрино.

- продолжена разработка программы для «быстрых» расчётов акустических сигналов в воде от каскадов, рассчитанных на предыдущих этапах по гибриднему алгоритму LPM-G4-3D, проведены тестовые расчёты на персональном компьютере для акустических сигналов от каскадов частиц с начальными энергиями 10^5 , 10^6 и 10^7 ГэВ;

- составлена программа участия ИЯИ РАН в разработке и изготовлении в 2015 году современных электронных схем для системы диаграммообразования и системы

сбора данных макета широкоугольного радиотелескопа метровых волн, который создается в Пушинской радиоастрономической обсерватории ФИАН.

Такой радиотелескоп может быть использован для регистрации всплесков черенковского радиоизлучения от электрон-адронных каскадов, производимых в лунном грунте космическими нейтрино экстремально высоких энергий (разработка радиоастрономического метода детектирования нейтрино и анализ перспектив детектирования космических нейтрино будущим гигантским радиотелескопом SKA совместно с ПРАО ФИАН).

Разработка полупроводниковых детекторов ядерных частиц.

Проведена реконструкция позиционно – чувствительного детектора нейтронов для проведения времяпролётных измерений. Подготовлена разрешительная документация для работы с изотопным источником нейтронов (совместно с ЛНИ ИЯИ и ЛАЯ ИЯИ).

Продолжена разработка пластического сцинтиллятора для регистрации нейтронов (НПС).

С целью повышения сцинтилляционной эффективности (СЭ) НПС в качестве активатора опробовано соединение класса оксадиазола – 1, 3, 4 – BBD. Совместно с ИФВЭ (Протвино) произведена полимеризация в ампулах двух составов: стирол + 1% BBD + 0,05% РОРОР, а также стирол + 2% BBD + 0,05% РОРОР. Изготовлены образцы для измерения СЭ полученных пластических сцинтилляторов.

Публикации:

1. Ivan Karpikov, Maxim Piskunov (Moscow, INR), Sergey Troitsky (Moscow, INR & INR) / Constraining spacetime variations of nuclear decay rates from light curves of type Ia supernovae // e-Print: arXiv:1501.04909 [hep-ph]
2. R.U. Abbasi et al. [Telescope Array Collaboration] / Study of Ultra-High Energy Cosmic Ray composition using Telescope Array's Middle Drum detector and surface array in hybrid mode // *Astropart.Phys.* 64 (2015) 49-62.
3. R.U. Abbasi et al. [Telescope Array Collaboration] / The hybrid energy spectrum of Telescope Array's Middle Drum Detector and surface array // *Astropart.Phys.* 68 (2015) 27-44.
4. F. Bezrukov, D. Levkov and S. Sibiryakov, "Semiclassical S-matrix for black holes," arXiv:1503.07181 [hep-th].
5. Emin Nugaev, Andrey Shkerin /Towards the correspondence between Q-clouds and sphalerons // [arXiv:1501.05903](https://arxiv.org/abs/1501.05903)
6. M.Libanov and V.Rubakov / Conformal Universe as false vacuum decay // arXiv:1502.05897 [hep-th]; to appear in *Phys.Rev.D*.
7. A.L.Kataev and S.V.Mikhailov /Generalization of the Brodsky-Lepage-Mackenzi optimization within the $\{\beta\}$ -expansion and the principle of maximal conformality // *Phys.Rev. D* 91, (2015) 1, 014007
8. S.V. Demidov, D.S. Gorbunov, D.V. Kirpichnikov / Collider signatures of Hylogenesis // *Phys.Rev. D* 91 (2015) 3, 035005
9. K.O. Astapov, S.V. Demidov / Sgoldstino-Higgs mixing in models with low-scale supersymmetry breaking // *JHEP* 1501 (2015) 136
10. S. Demidov / Neutrino signal at Baikal from dark matter annihilations in the Galactic Center // The International Workshop on Prospects of Particle Physics: "Neutrino Physics and Astrophysics", February 1 - February 8, 2015, Valday, Russia.
11. A.D. Avrorin et al. / Sensitivity of Baikal-GVD neutrino telescope to neutrino emission toward the center of Galactic dark matter halo //e-Print: arXiv:1412.3672 [astro-ph.HE]

12. S.V. Demidov, O.V. Suvorova / Indirect searches for dark matter at Baksan and Baikal // Phys.Part.Nucl. 46 (2015) 2, 222-229
13. Sergei Demidov, Dmitry Levkov / High-energy limit of collision-induced false vacuum decay // e-Print: arXiv:1503.06339 [hep-ph]
14. K.V. Antipin, Yu. S. Vernov, and M. N. Mnatsakanova, / Von Neumann's Uniqueness Theorem in Theories with Nonphysical Particles, // Phys. Part. Nucl. Lett. 12, 282-285 (2015)
15. Measurement of electrons from semileptonic heavy-flavor hadron decays in pp collisions at $\sqrt{s} = 2.76$ TeV. ALICE collaboration, (B.Abelev ..., F.Guber, T.Karavicheva, O.Karavichev, A.Kurepin, A.Maevskaya A.Reshetin, I.Pshenichnov... et al) Phys. Rev. D 91 (2015) 012001
16. Inclusive photon production at forward rapidities in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 0.9, 2.76$ TeV. ALICE collaboration, (B.Abelev ..., F.Guber, T.Karavicheva, O.Karavichev, A.Kurepin, A.Maevskaya A.Reshetin, I.Pshenichnov... et al) Collaboration accepted to be published in Journals
17. ALICE FIT collaboration meeting. FIT continuous read-out (12-03-2015) T.Karavicheva
18. FIT performance studies (16.01.2015) T.Karavicheva, A.Maevskaya
19. FIT simulation A.Maevskaya (25.03.2015)
20. Update on efficiencies with V3 T0+ deometry (13.02.2015)
21. Update on trigger efficiencies in pp (28.02.2015)
22. Диссертация на соискание степени кандидата физ.-мат. Наук: А.Н.Курепин «Автоматизированная система управления и контроля стартового детектора времяпролётной системы эксперимента ALICE на Большом Адронном Коллайдере»
23. 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) Physics Letters B 742 (2015) 242–248
24. Study of the quasi-free $np \rightarrow np\pi + \pi^-$ 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) Mar 13, 2015. e-Print: arXiv:1503.04013 [nucl-ex]
25. 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) Jan 16, 2015. e-Print: arXiv:1501.03894 [nucl-ex]
26. NA61 Analysis/software/calibration meeting, 26 - 30 January 2014, Katowice, Poland. PSD settings during the Ar run. Sergey Morozov (Russian Academy of Sciences (RU))
27. Там же. Reaction plane reconstruction by the PSD for flow analysis. Marina Golubeva, Alexander Sadovskiy (Russian Academy of Sciences (RU))
28. Там же. PSD implementation in SHINE. Sergey Morozov (Russian Academy of Sciences (RU))
29. Hardware Upgrade Workshop at CERN, 21 – 23 February 2015. PSD upgrade: Ar-present and Xe-future. F.Guber, M.Golubeva, A.Ivashkin, S.Morozov, O.Petukhov (INR, Moscow)
30. Monte Carlo Workshop at CERN, 16-17 March 2015. PSD: simulation status and needs 20'
31. HADES collaboration meeting XXIX, 18-20 March 2015, Darmstadt Germany. Some updates on reaction plane based azimuthal flow analysis. Alexander SADOVSKY (Institute for Nuclear Research RAS (Moscow))

32. Совещание проекта КАТРИН в Институте технологии Карлсруэ, Германия, 2-4 марта 2015 года. Sergey Zadorozhny, Status of Troitsk nu-mass setup
33. Там же. Aleksei Lokhov, Statistical criteria for indications of heavy neutrino
34. K. Afanciev, ... R. Djilkibaev et al. "Response of LYSO:Ce Scintillation Crystals to Low Energy Gamma-Rays", Physics of Particles and Nuclei Letters, 2015, Vol. 12, No. 2, pp. 319–324.
35. 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.
36. В.Э.Янц, С.Г.Лебедев, Н.М.Соболевский, «Геохронология и мониторинг космических лучей по накоплению космогенных изотопов ^{53}Mn , и ^{10}Be в земных породах» принято к публикации в журнал «Геохимия» 2015 г.
37. С.Г.Лебедев, В.Э.Янц. «Термометр термоядерной плазмы и способ его реализации» заявка на патент РФ, 2015 г.
38. В.Э.Янц, С.Г.Лебедев, Н.М.Соболевский, «Геохронология и мониторинг космических лучей по накоплению космогенных изотопов ^{53}Mn , и ^{10}Be в земных породах» принято к публикации в журнал «Геохимия» 2015.
39. Boris Zhuikov. The future of isotope production on medium and high energy proton beams. Brookhaven National Laboratory, January 21, 2015 (доклад).
40. B.L. Zhuikov. Production of medical radioisotopes in Russia: status and future. A review. Appl. Radiat. Isotop., V.84, 2014, P. 48-56.
41. B.L. Zhuikov, S.V. Ermolaev, V.M. Kokhanyuk. Method for producing radiostrontium. US Patent 8 929 503 B1, Date of patent: Jan. 6, 2015.
42. B.L. Zhuikov, S. N. Kalmykov, R.A. Aliev, S.V. Ermolaev, V.M. Kokhanyuk, N. A. Koniakhin, I.G. Tananaev, B.F. Myasoedov. Method for producing actinium-225 and isotopes of radium and target for implementing same. US Patent Application № 13/120,186. Получено положительное решение 18.03.2015.
43. Б. Жуйков. Зачем был нужен полоний. Троицкий вариант–Наука, № 3 (172) от 10 февраля 2015 года. с. 6-7.
44. Б. Жуйков. Ясир Арафат и полоний. Троицкий вариант–Наука, № 5 (174) от 10 марта 2015 года, с. 11.
45. Kasparov A.A., Konobeevski E.S., Mordovskoy M.V., Zuyev S.V. / DIGITAL n- γ PULSE-SHAPE DISCRIMINATION WITH NANOSECOND WAVEFORM DIGITIZER // LXV International Conference on Nuclear Physics «Nucleus 2015. New Horizons in Nuclear Physics, Nuclear Engineering, Femto- and Nanotechnologies». June 29 – July 3, 2015, Peterhof, Saint-Petersburg.

46. Konobeevski E.S., Lebedev V.M., Mordovskoy M.V., Spasskii A.V., Zuyev S.V. / The use of $d(d,n)^3\text{He}$ reaction as a tool for neutron detectors examination // LXV International Conference on Nuclear Physics «Nucleus 2015. New Horizons in Nuclear Physics, Nuclear Engineering, Femto- and Nanotechnologies». June 29 – July 3, 2015, Peterhof, Saint-Petersburg.
47. Konobeevski E.S., Mordovskoy M.V., Zuyev S.V., Zheleznykh I.M., Gassanov A.G., Sadygov Z.Y. / SETUP FOR STUDYING pp-CORRELATION EFFECTS IN $d + ^2\text{H} \rightarrow (nn) + (pp)$ AND $^3\text{He} + ^2\text{H} \rightarrow ^3\text{H} + (pp)$ REACTIONS // LXV International Conference on Nuclear Physics «Nucleus 2015. New Horizons in Nuclear Physics, Nuclear Engineering, Femto- and Nanotechnologies». June 29 – July 3, 2015, Peterhof, Saint-Petersburg.
48. V.E. Pafomov, V.A. Sergeev, V.P. Zavarzina // longitudinal momentum distributions in stripping reactions with halo nuclei. LXV Международная конференция по ядерной физике «Ядро 2015. 29 июня — 3 июля 2015 года, Санкт-Петербург, Россия
49. Andreev A.V., Burmistrov Yu.M., Konobeevski E.S., Pletnikov E.V., Sitnikov N.M., Zuyev S.V. / Neutron activation analysis of aerosol filters at photoneutron source of INR RAS // LXV International Conference on Nuclear Physics «Nucleus 2015. New Horizons in Nuclear Physics, Nuclear Engineering, Femto- and Nanotechnologies». June 29 – July 3, 2015, Peterhof, Saint-Petersburg.
50. Andreev A.V., Burmistrov Yu.M., Gromov A.V., Konobeevski E.S., Mordovskoy M.V., Solodukhov G.V., Zuyev S.V. / W-Be PHOTONEUTRON SOURCE OF INR RAS // LXV International Conference on Nuclear Physics «Nucleus 2015. New Horizons in Nuclear Physics, Nuclear Engineering, Femto- and Nanotechnologies». June 29 – July 3, 2015, Peterhof, Saint-Petersburg.
51. Мордовской М.В., Суркова И.В. // Параметр квадрупольной деформации четно-четных ядер в области $58 \leq A \leq 250$ и оптическая модель со связью каналов.
52. М.Н. Лифанов и В.И. Логинов (ВНИИПО МЧС) // «Дозиметр-тренажер для обучения персонала, работающего в условиях радиоактивного воздействия»./ Пожарная безопасность. №2 2015 г. (в печати).
53. M. Agostini et al., «Production, characterization and operation of ^{76}Ge enriched BEGe detectors in GERDA», European Physical Journal C (2015) 75(2). DOI: 10.1140/epjc/s10052-014-3253-0
54. First results of the experimental search for the 2K-capture of ^{124}Xe with the copper proportional counter. Конференция “The International Workshop on Prospects of Particle Physics: “Neutrino Physics and Astrophysics”, February 1 - February 8, 2015, Valday, Russia.
55. Yu. M. Gavriluk et al., «First Result of the Experimental Search for the 2K-Capture of ^{124}Xe with the Copper Proportional Counter», Physics of Particles and Nuclei (2015) 46 (2), p. 147. DOI: 10.1134/S1063779615020082
56. The study of the thermal neutron flux in the deep underground laboratory DULB-4900. Конференция “The International Workshop on Prospects of Particle Physics: “Neutrino Physics and Astrophysics”, February 1 - February 8, 2015, Valday, Russia.
57. Sources of the Systematic Errors in Measurements of ^{214}Po Decay HalfLife Time Variations at the Baksan Deep Underground Experiments. Конференция “The International Workshop on Prospects of Particle Physics: “Neutrino Physics and Astrophysics”, February 1 - February 8, 2015, Valday, Russia.
58. Yu. M. Gavriluk et al., «Sources of the Systematic Errors in Measurements of ^{214}Po Decay HalfLife Time Variations at the Baksan Deep Underground Experiments», Physics of Particles and Nuclei (2015) 46 (2), p. 157. DOI: 10.1134/S1063779615020021

59. Yu. M. Gavrilyuk et al., «First Result of the Experimental Search for the 9.4 keV Solar Axion Reactions with ^{83}Kr in the Copper Proportional Counter», *Physics of Particles and Nuclei* (2015) 46 (2), p. 152. DOI: 10.1134/S1063779615020094
60. A.V. Derbin et al., «New limit on the mass of 9.4-keV solar axions emitted in an M1 transition in ^{83}Kr nuclei», arXiv 1501.02944v1[hep-ex]
61. В.В. Синеv, Потоки антинейтринного излучения от ядерных реакторов в предполагаемых местах постройки детектора для регистрации геонейтрино, препринт ИЯИ РАН 1396/2015.
62. L. Bezrukov, V. Sinev, “Looking for antineutrino flux from ^{40}K with large liquid scintillator detector”, *ЭЧАЯ*, 46, вып. 2, стр. 186-189, 2015 .