

ФОРМА "5Т". ТИТУЛЬНАЯ СТРАНИЦА ОТЧЕТА В РФФИ

НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА Изучение роли многочастичных фотоядерных реакций в синтезе р-ядер	НОМЕР ПРОЕКТА 15-02-05839
ОБЛАСТЬ ЗНАНИЯ (цифровой код) 02	КОД КЛАССИФИКАТОРА 02-120
КОД И НАЗВАНИЕ КОНКУРСА А- Конкурс инициативных научно-исследовательских проектов 2015 года	
ФАМИЛИЯ, ИМЯ, ОТЧЕСТВО РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА Стопани Константин Александрович	ТЕЛЕФОН РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА (495) 939-25-58
ПОЛНОЕ НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, предоставляющей условия для выполнения работ по Проекту физическим лицам: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»	
ПОДПИСЬ РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА	ДАТА

Форма 501. КРАТКИЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ

- 1.1. Номер Проекта**
15-02-05839
- 1.2. Руководитель Проекта**
Стопани Константин Александрович
- 1.3. Название Проекта**
Изучение роли многочастичных фотоядерных реакций в синтезе р-ядер
- 1.4. Код и название Конкурса**
А - Конкурс инициативных научно-исследовательских проектов 2015 года
- 1.5. Год представления Отчета**
2015
- 1.6. Вид Отчета (этап 2015 г.)**
2
- 1.7. Содержательная научная часть отчета, публикуемая на сайте Фонда**
В рамках выполнения проекта РФФИ 15-02-05839 в 2015 г. было выполнено экспериментальное измерение выходов фотоядерных реакций на изотопах серебра и кадмия. В работе по экспериментальному изучению фотоядерных реакций на изотопах серебра под действием тормозного излучения с верхней границей спектра 55 МэВ были получены выходы реакций с вылетом до 4 нуклонов, а также изомерные отношения в изотопах ^{104}Ag и ^{106}Ag . Полученные результаты опубликованы в работе [С. С. Бельшев и др., ЯФ 78, 953-962, 2015]. В рамках экспериментального изучения путей нуклеосинтеза изотопов ^{106}Cd и ^{108}Cd проведен ряд облучений кадмиевых мишеней: из естественной смеси изотопов кадмия и из моноизотопной мишени ^{106}Cd , изготовленной специально для данной работы. Измерены спектры наведенной гамма-активности и определены выходы реакций на р-нуклидах, входящих в состав мишени из естественной смеси изотопов, причем подтвержден результат работы 2014 г. с повышенным выходом изотопа ^{105}Ag по сравнению с ^{105}Cd . Статья с результатами эксперимента на мишени из естественной смеси изотопов Cd направлена в журнал «Ядерная физика». Экспериментальные результаты нормировались с целью привязки к абсолютным выходам и сечениям реакций. Для нормировки выходов и сечений разработана методика на основе мониторинговых мишеней с оцененными сечениями и программ, реализующих Монте-Карло моделирование пространственного распределения тормозного пучка в мишени и учет возможных погрешностей в процессе эксперимента. На установке обратного комптоновского рассеяния NewSUBARU (Япония) выполнен эксперимент по измерению парциальных сечений фотонейтронных реакций в области энергий 7-45 МэВ на ядре ^{209}Bi . Получены данные о полном фотонейтронном сечении (γ, n), а также парциальные сечения ($\gamma, 1n$)-($\gamma, 3n$). Также проведены расчеты с использованием каскадно-испарительных моделей ядерных реакций, и получены теоретические оценки сечений исследованных реакций и их скоростей

протекания в астрофизических условиях.

- 1.8. Полное название организации, предоставляющей условия для выполнения работ по Проекту физическим лицам**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

Подпись Руководителя проекта _____

Форма 503.РАЗВЕРНУТЫЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ

- 3.1. **Номер Проекта**
15-02-05839
- 3.2. **Название Проекта**
Изучение роли многочастичных фотоядерных реакций в синтезе р-ядер
- 3.3. **Коды классификатора, соответствующие содержанию фактически проделанной работы**
02-120
- 3.4. **Объявленные ранее цели Проекта (заполняется автоматически из пункта 4.1. "Цель и задачи фундаментального исследования " формы 4 заявки. Внимание: в этом пункте были указаны цель и задачи на весь период выполнения Проекта)"**
Проект посвящен изучению роли многочастичных фотоядерных реакций в образовании обойденных, или р-ядер, в астрофизических процессах нуклеосинтеза.

В настоящее время одним из основных направлений экспериментальной ядерной физики является изучение астрофизических процессов нуклеосинтеза, приводящих к образованию так называемых р-ядер, т. е. группы из 35 стабильных протонно-избыточных ядер от ^{74}Se до ^{196}Hg , находящихся в стороне от траекторий s- и r-процессов образования ядер тяжелее железа [1]. Природное содержание р-ядер в солнечной системе невозможно объяснить с помощью обычных моделей формирования тяжелых ядер за счет реакций захвата нейтронов, поэтому в современных расчетных моделях учитывается образование р-ядер в результате протекания других реакций, прежде всего реакции захвата протона и реакций (γ , n) и (γ , p). Несмотря на это, сохраняются значительные расхождения между расчетом и наблюдаемым содержанием р-ядер, причем недооценка в некоторых случаях ($^{92,94}\text{Mo}$) достигает двух порядков. Одним из основных факторов, затрудняющих расчет образования р-ядер, является отсутствие или недостаточная точность экспериментальных сечений фотонуклонных реакций вблизи порога. Существуют экспериментальные программы, посвященные измерению сечений и скоростей протекания этих реакций [2,3].

В рамках предлагаемого проекта предлагается расширить список возможных путей образования р-ядер за счет многочастичных фотоядерных реакций (МФЯР), т. е. реакций с вылетом нескольких нуклонов, и за счет бета-распадов их продуктов. В пользу данного предположения говорят следующие обстоятельства:

1) Сечения многочастичных реакций сравнимы по величине с сечениями реакций с вылетом одного нуклона, но их значения известны с худшей точностью, а число экспериментально изученных реакций в несколько раз меньше [4]. Статистические модели, используемые для вычисления скоростей протекания реакций в звездных условиях, обладают невысокой точностью. В связи с этим расчеты трансмутации ядер с учетом МФЯР не выполняются.

2) Энергетические пороги МФЯР выше порогов реакций с вылетом одного нуклона, и, таким образом, для их протекания в астрофизических условиях требуется более высокая температура. Однако исследования условий в аккреционных дисках вблизи массивных объектов с достаточно большой скоростью перетекания вещества показывают, что в них возможно протекание р-процесса нуклеосинтеза, причем достигаемая температура на 2-3 порядка выше температуры внутри коллапсирующего ядра сверхновой [5]. Таким образом, существуют космические источники интенсивных потоков гамма-квантов с энергиями 20-70 МэВ. Кроме того, пороги МФЯР снижаются по сравнению с земными условиями за счет того, что в горячем газе исходные ядра находятся в возбужденных состояниях.

3) Обойденные ядра в основном представляют собой четно-четные изотопы, отделенные от других стабильных ядер нечетным нестабильным ядром. За счет МФЯР можно описать наработку таких ядер из стабильных изотопов.

4) За счет больших сечений роль МФЯР в уничтожении р-ядер в различных областях энергии также может быть значительной.

Основной задачей предлагаемого проекта является экспериментальное изучение путей образования обойденных ядер ^{102}Pd , ^{106}Cd , ^{108}Cd в многочастичных фотоядерных реакциях. В рамках проекта планируется определение интегральных сечений соответствующих многочастичных реакций, анализ роли этих реакций в образовании данных р-ядер по сравнению с обычно рассматриваемыми каналами, анализ точности учета многочастичных каналов в ядерных статистических моделях, применяемых в астрофизических расчетах.

[1] M. Arnould and S. Goriely, "The p-process of stellar nucleosynthesis: astrophysics and nuclear physics status," Phys. Rep. 384, 1-84, (2003).

[2] H. Utsunomiya, P. Mohr, A. Zilges, and M. Rayet, "Direct determination of photodisintegration cross sections and the p-process," Nucl. Phys. A 777, 459-478 (2006).

[3] C. Nair, A. R. Junghans, M. Erhard, D. Bemmerer, R. Beyer, P. Crespo, E. Grosse, M. Fauth, K. Kosev, G. Rusev, K. D. Schilling, R. Schwengner, and A. Wagner, "Photodisintegration studies on p-nuclei: the case of Mo and Sm isotopes," J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 35, 014036 (2008).

[4] V. V. Varlamov, B. S. Ishkhanov, V. N. Orlin, K. A. Stopani, "A new approach for analysis and evaluation of partial photoneutron reaction cross sections," Eur. Phys. J. A 50, 114-120 (2014).

[5] R. Surman, G. C. McLaughlin, and W. R. Hix, "Nucleosynthesis in the Outflow from Gamma-Ray Burst Accretion Disks," Astrophys. J. 643, 1057 (2006).

3.5. Полученные в 2015 году важнейшие результаты

Полученные результаты перечислены в хронологическом порядке.

1) Февраль 2015. Обработка и анализ данных полученных в эксперименте по измерению спектров наведенной активности облученной мишени из Ag, выполненном в 2014 г. Облучение производилось в пучке тормозных фотонов, генерируемых в тормозной мишени-радиаторе электронами с энергией 55,5 МэВ. Обрабатывались гамма-спектры наведенной активности, измеренные в течение 30 суток с помощью HPGe-детектора с энергетическим разрешением 0,9 кэВ при энергии 122 кэВ и 1,8 кэВ при энергии 1,33 МэВ. В результате обработки получены относительные выходы изотопов ^{104}Ag (многочастичные реакции (γ , $3n$) и (γ , $5n$)) и ^{106}Ag (реакции (γ , n) и (γ , $3n$)) в основном и изомерном состояниях и рассчитаны соответствующие изомерные отношения. Эти данные в целом согласуются с предсказаниями каскадно-испарительной модели, однако наблюдается почти десятикратное расхождение в случае изомерного отношения в ^{106}Ag . Его причина может быть связана как с существенной ролью прямых и полупрямых механизмов протекания фотонейтронной реакции, не учитываемой в статистическом подходе, так и с дополнительной дипольной силой в области 4-9 МэВ в данном ядре, например, отвечающей пигми-резонансу. Экспериментальное измерение вероятностей образования изомерных состояний в изотопах серебра представляется важным для целей настоящего проекта благодаря влиянию, которое они оказывают на заселенность исходных ядерных состояний в звездной плазме. Изотопы серебра участвуют в процессах нуклеосинтеза рассматриваемых изотопов кадмия и палладия. Результаты данного исследования опубликованы в работе [1].

2) Апрель 2015. Разработка модуля автоматической нормировки абсолютных выходов реакций для системы анализа спектров. Компьютерная система автоматического набора и обработки спектров наведенной активности состоит из (1) управляющего ПК германиевого детектора, осуществляющего функции автономного запуска и остановки набора спектров и обмена данными с цифровым многоканальным анализатором (МКА), настройки различных параметров работы детектора и МКА, контроля и мониторинга показателей работы детектора и системы автоматической заливки жидкого азота, (2) сервера базы данных спектров (БД), обеспечивающего непрерывное измерение спектров наведенной активности каждые 3,5 сек в течение длительного времени измерения, хранение и выдачу измеренных спектров с необходимой группировкой измерений по времени, калибровку спектров по энергии, доступ к данным через web-интерфейс, (3) сервера анализа спектров, обеспечивающего просмотр и расшифровку серий спектров наведенной активности, хранящихся в БД, выделение фона, автоматический поиск и аппроксимацию пиков и мультиплетов, построение распадных кривых и определение относительных выходов фотоядерных реакций с учетом нестабильности тока пучка ускорителя в процессе облучения. Доступ ко всем функциям системы осуществляется через web-интерфейс, и, таким образом, возможен максимально автоматизированный анализ результатов активационного эксперимента с аккуратным учетом возможных источников ошибок и с возможностью контроля на всех стадиях обработки. В рамках работы 2015 г. в данную систему был добавлен

модуль калибровки абсолютной интенсивности пучка тормозных фотонов на основе данных от мониторинг мишени из Cu или Au, также рассчитанный на использование в едином web-интерфейсе. Реализована методика калибровки абсолютных выходов реакций, отработанная ранее на других облучениях в 2014 г., и описанная в [2]. Используется модель облучаемой сборки мишеней на GEANT4 и оцененные сечения мониторинг реакций. Автоматизация калибровки позволяет обеспечить достоверность полученных результатов путем устранения возможных источников экспериментальных ошибок.

3) Март 2015 — май 2015. Приобретение изотопно-очищенного образца ^{106}Cd и изготовление моноизотопных мишеней. Предприятию-изготовителю заказана наработка 0,5 г изотопа ^{106}Cd . Получен образец массой 521 мг, содержащий 74,2% ^{106}Cd , 0,52% ^{108}Cd , 4,16% ^{110}Cd , 3,70% ^{111}Cd , 6,6% ^{112}Cd , 3,10% ^{113}Cd , 6,6% ^{114}Cd . За счет различия в процентом содержании изотопов с $A \geq 108$ на такой мишени можно выделить вклад реакций не только на изотопе ^{106}Cd , но и ^{108}Cd , из сравнения с результатами эксперимента на природном кадмии. Изготовлено две мишени в виде фольг 1x1 см, толщиной 0,3 мм.

4) Июнь 2015 — декабрь 2015. Облучение мишени из естественной смеси изотопов кадмия и определение абсолютных выходов фотоядерных реакций с помощью методики наведенной активности. Результаты исследования представлены в [3]. Эксперимент проведен в тормозном пучке разрезного микротрона при энергии электронов 55,5 МэВ. Облучение продолжалось в течение 40 мин со средним током пучка 413 нА. В процессе облучения осуществлялся съем заряда с мишеней и цилиндра Фарадея для контроля интенсивности пучка, и использовалась мониторинг мишень для проведения калибровки по описанной выше методике. Измерение спектров наведенной активности в низкофоновой защитной камере HPGe-детектора продолжалось в течение 26 дней. Анализ полученных данных позволил определить абсолютные величины выходов реакций (γ, n), ($\gamma, 2n$), (γ, p), (γ, np) на р-нуклидах ^{106}Cd и ^{108}Cd . Результаты эксперимента сопоставлялись с расчетом на основе сечений TALYS, КМФР и модели эксперимента на GEANT4. Получено отличное согласие для реакций на ^{108}Cd , однако экспериментальное соотношение между фотопротонными и фотонейтронными реакциями на ^{106}Cd значительно отличается от теоретического. Наблюдаемый выход фотонейтронной реакции (γ, n) вдвое ниже теоретического предсказания, в то время как для фотопротонной реакции (γ, p) данная величина в пять раз превышает результат расчета. Этот результат подтверждает выводы, сделанные ранее в нашей работе 2014 г. [4], где на основе экспериментальных данных по относительным выходам реакций было указано на возможное значительное расхождение между предсказанными и наблюдаемыми интенсивностями протекания данных реакций. Аналогичное соотношение имеет место и для многочастичных реакций ($\gamma, 2n$) и (γ, np). На сегодняшний день значительная часть расчетов астрофизических термоядерных процессов горения и нуклеосинтеза базируется на данных о скоростях протекания фотоядерных реакций из библиотек BRUSLIB и JINA, куда ввиду отсутствия экспериментальных сечений в основном входят результаты расчета: в частности, источником данных для ^{106}Cd

является расчет TALYS. Полученные данные свидетельствуют о необходимости коррекции скоростей протекания реакций на ^{106}Cd , включенных в библиотеки. Отметим также, что благодаря значительно более низким порогам реакций с вылетом протонов, звездные температуры, при которых доминирует та или иная из обсуждаемых реакций заметно разнесены друг от друга. Это приводит к тому, что неточности в скоростях протекания реакций сказываются не только на выходах соответствующих ядер-продуктов, но и на полной интенсивности реакций фоторасщепления. Сделанная нами на основе полученных данных оценка скорректированной скорости протекания реакций (γ, n) и (γ, p) показывает, что в области температур $T_9 = 2-3,5$ библиотечная скорость фоторасщепления ^{106}Cd занижена на 20%, а при более высоких температурах завышена на величину до 50%, что, безусловно, сказывается на точности расчета итоговой распространенности данного нуклида и соседних с ним ядер.

5) Июль 2015. Измерение сечений фотонейтронных реакций на ^{209}Bi на установке NewSUBARU (Япония). Используемая установка представляет собой источник квазимонохроматических фотонов обратного комптоновского рассеяния на основе электронного накопительного кольца на 1,5 ГэВ и оптического лазера [5]. За счет перестройки энергии ускорителя возможно получение пучка гамма-квантов с энергией от 4-5 до 50 МэВ с шагом 0.1 МэВ с шириной энергетического распределения менее 200 кэВ. Совместно с источником фотонов используется нейтронный детектор, состоящий из гелиевых нейтронных счетчиков, обеспечивающий эффективность регистрации нейтронов около 40% во всех областях кинетических энергий. Для исследования многочастичных фотонейтронных реакций множественность вылетевших нейтронов определяется по времени замедления нейтрона в парафиновом наполнителе. Описанная установка использована для проведения эксперимента на мишени из природного моноизотопа ^{209}Bi . Измерения проводились в области энергий 7-44 МэВ, перекрывающей пороги реакций с вылетом от одного до пяти нейтронов. После обработки в 2016 г. полученные результаты будут опубликованы в одном из ведущих международных журналов. Данная работа является продолжением ранее выполненного нами исследования на ^{209}Bi [2], где получены абсолютные выходы и сечения реакций до ($\gamma, 5n1p$), и позволит провести независимую совместную калибровку двух методик, а также является подготовительной для запланированного в 2016 или 2017 г. измерения сечений на ^{103}Rh , являющегося источником образования р-нуклида ^{102}Pd .

6) Ноябрь 2015 — декабрь 2015. Облучение моноизотопной мишени из ^{106}Cd . Данная работа является продолжением исследования, описанного в п. 3,4. В эксперименте использовалась описанная выше экспериментальная установка для измерений с помощью методики наведенной активности. Проведено 3 облучения моноизотопной мишени ^{106}Cd с длительностью от 10 до 60 мин для активации продуктов реакций с различными периодами полураспада. В настоящий момент продолжается измерение спектров наведенной активности. Измеренные в этом эксперименте и в работе [3] данные будут использованы для получения достоверной оценки интегральных сечений, выходов и

скоростей протекания астрофизических реакций р-процесса на изотопах ^{106}Cd и ^{108}Cd .

Работы [1] и [3] прикреплены к отчету в качестве приложения.

[1] С.С. Бельшев, Б.С. Ишханов, А.А. Кузнецов, А.А. Мартынов, К.А. Стопани, ЯФ 78, 953-962 (2015).

[2] S.S. Belyshev, D.M. Filipescu, I. Gheorghe, B.S. Ishkhanov, V.V. Khankin, A.S. Kurilik, A.A. Kuznetsov, V.N. Orlin, N.N. Peskov, K.A. Stopani, O. Tesileanu, V.V. Varlamov, Eur. Phys. J. A 51, 67-75 (2015).

[3] С. С. Бельшев, А. А. Кузнецов, К. А. Стопани, В. В. Ханкин, "Фотоядерные реакции р-процесса на изотопах кадмия при верхней границе тормозного спектра 55,5 МэВ," ЯФ (2016) [в печати].

[4] Бельшев С.С., Ишханов Б.С., Кузнецов А.А., Орлин В.Н., Стопани К.А., Ханкин В.В., Шведун Н.В., ЯФ 77, 856-863 (2014).

[5] H. Utsunomiya, S. Goriely, M. Kamata, T. Kondo, O. Itoh, H. Akimune, T. Yamagata, H. Toyokawa, Y. -W. Lui, S. Hilaire, and A. J. Koning, Phys. Rev. C 80, 055806 (2009).

3.6. Сопоставление полученных результатов с мировым уровнем (Сохранена нумерация результатов из предыдущих разделов.)

1) При обработке экспериментальные данные по изомерным отношениям в реакциях на изотопах серебра, полученные в работе, сравнивались с результатами, доступными в литературе для энергий тормозного спектра от 15 до 80 МэВ. Анализ проводился с использованием статистической каскадно-испарительной модели, реализованной в пакете TALYS. В расчете учитывались два основных механизма начального фотопоглощения: формирование ИВГДР с параметрами, рассчитанными на основе глобальной систематики, и квазидейтронное поглощение фотона. В распад полученного состояния давали вклад экситонный и испарительный процессы вылета нуклонов и гамма-квантов. Отметим, что данная комбинация моделей является общепринятой при расчете фотоядерных реакций в процессах трансмутации.

2) Разработанная методика проведения гамма-активационных исследований и созданное для этой цели программное обеспечение позволяют в максимальной степени автоматизировать рутинные работы и устранить связанный с ними важный источник экспериментальных ошибок. В частности, следующие решения используются для контроля источников экспериментальных ошибок: (1) оцифровка и запись тока пучка в процессе облучения с использованием информации от отдельного цилиндра Фарадея, заряда, собираемого заряда с металлических частей облучаемой сборки, и ионизационной камеры в пучке; (2) низкофоновая измерительная камера детектора из сверхчистого германия (целевой грант РФФИ 10-02-05064-б), установленная в специализированном помещении, позволяющая уменьшить фоновую загрузку детектора в процессе набора спектров на 3 порядка; (3) методика регулярной калибровки

эффективности детектора с использованием стандартных источников из набора, а также по гамма-линиям изотопов, полученных в результате активации (в сумме несколько десятков контрольных точек при калибровке по эффективности) совместно с параметрической GEANT4-моделью детектора в измерительной камере, использующей метод максимального правдоподобия и алгоритм МСМС для определения оптимальных значений параметров модели; (4) БД спектров, реализующая непрерывное измерение спектров через каждые 3,5 сек для обеспечения возможности группировки спектров статистически-оптимальным образом для различных периодов полураспада на этапе обработки; (5) программное обеспечение анализа спектров, основанное на стандартных математических пакетах MINUIT, LAPACK, и использующее методы обработки данных с доказанной статистической эффективностью [1]; (6) модуль автоматической калибровки интенсивности пучка ускорителя в процессе облучения, использующий оцененные сечения реакций на мониторинной мишени, полученные группой НИИЯФ (см., напр, [2]) и МК-модель эксперимента с учетом таких явлений, как реакции под действием вторичных фотонов в толстых мишенях.

4) Эксперимент на мишени из природного кадмия. Изучение литературы показывает, что какие-либо абсолютные данные о фотоядерных реакциях на отдельных изотопах ранее не измерялись. В рамках широкомасштабной программы 1960-1980-х гг. были измерены суммарные фотонейтронные сечения на природном кадмии без разделения вклада отдельных изотопов. Тем не менее, данные из этой работы включены в библиотеку RIPL и используются в моделях для расчета сечений на индивидуальных изотопах. Данные об относительных выходах на изотопах кадмия были получены в работах нашей группы, выполненных в 2013-2014 гг. В данной работе впервые получены абсолютные выходы реакций на изотопах ^{106}Cd , ^{108}Cd и на основе этих данных получена оценка скоростей протекания соответствующих реакций фоторасщепления в р-процессе.

5) Измерение фотонейтронных сечений на ^{209}Bi . Благодаря особенностям оболочечной структуры данное ядро в течение длительного времени являлось предметом экспериментального изучения в разнообразных реакциях однонуклонной передачи, однако фотоядерные реакции и в особенности реакции с вылетом протонов на этом ядре недостаточно подробно изучены. В частности, в работе 2014 г. нами был показан повышенный выход реакций с вылетом единственного нуклона, который указывает на необходимость учета структурных особенностей входного состояния ИВГДР при вычислении сечений фотоядерных реакций. Было продемонстрировано, что предыдущие измерения на ^{209}Bi , сделанные 30-40 лет назад, содержат значительные систематические неточности, связанные с недостатками методики определения множественности вылетающих нейтронов. Настоящая работа является продолжением этого исследования. Впервые за это время с отличным энергетическим разрешением были измерены парциальные сечения фотонейтронных реакций в широкой области энергий и с возможностью независимой нормировки результатов.

6) Эксперимент на мишени из изотопно-очищенного ^{106}Cd . В

соответствии со сказанным выше в п. 4 данное экспериментальное исследование выполняется впервые.

[1] С.С. Бельшев, К.А. Стопани, С.Ю. Трощев, А.С. Курилик, А.А. Кузнецов, "Определение выходов ядерных реакций на основе анализа цепочек распадов," Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон., No. 4, 42-47 (2011).

[2] Davydov A.I., Makarov M.A., Orlin V.N., Peskov N.N., Varlamov V.V., Stepanov M.E., "Partial photoneutron reaction cross sections data for $^{63,65}\text{Cu}$ and ^{80}Se reliability," in «LXV International Conference on Nuclear Physics «Nucleus 2015. New Horizons in Nuclear Physics, Nuclear Engineering, Femto- and Nanotechnologies»» (Saint-Petersburg, 2015).

3.7.1. Методы и подходы, использованные в ходе выполнения Проекта

Экспериментальная методика, использованная в данном проекте детально описана нами в работе [1]. В качестве источника фотонов используется пучок тормозного излучения, получаемого с помощью 55-МэВ-ного электронного ускорителя НИИЯФ МГУ. Пучки тормозного излучения широко используются для исследования астрофизических фотонуклонных реакций, поскольку непрерывное энергетическое распределение позволяет смоделировать тепловой спектр фотонов в звездной среде [2].

Для регистрации продуктов реакций в мишени используется современная модификация метода наведенной активности. С помощью гамма-спектрометра из сверхчистого германия, помещенного в низкофонную защитную камеру, измеряются спектры наведенной активности. Компьютерная система, используемая для непрерывного набора и анализа спектров, подробно описана в [3]. Расшифровка спектров, идентификация пиков и определение выходов реакций автоматизированы.

С помощью описанной методики в рамках проекта возможно экспериментальное определение интегральных сечений реакций приводящих к образованию и расщеплению обойденных ядер ^{106}Cd и ^{108}Cd как непосредственно в результате реакций, так и за счет цепочки распадов.

В прямых измерениях сечений реакций используется метод непосредственной регистрации вылетающих фотонейтронов. В качестве источника фотонов используется установка NewSUBARU (Япония) [4], основанная на методике обратного комптоновского рассеяния (LCS). Квазимонохроматические фотоны рождаются в результате взаимодействия пучка электронов с энергией от 655 до 1100 МэВ с излучением лазера с длиной волны 532 и 1064 нм. Метод позволяет плавно менять энергию фотонов от примерно 7 до 40 МэВ, перекрывая диапазон от нуклонного порога до области квазидейтронных процессов. Интенсивность полученного пучка составляет около 10^5 фотонов/сек.

Для регистрации вылетающих нейтронов используется нейтронный детектор большого объема с эффективностью регистрации 38.5%. Возможно измерение энергии нейтронов за счет измерения времени замедления в полиэтилене.

[1] S.S. Belyshev, A.N. Ermakov, B.S. Ishkhanov, V.V. Khankin, A.S. Kurilik, A.A. Kuznetsov, V.I. Shvedunov, K.A. Stopani, "Studying photonuclear reactions using the activation technique," Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A 745, 133 (2014).

[2] H. Utsunomiya, P. Mohr, A. Zilges, and M. Rayet, "Direct determination of photodisintegration cross sections and the p-process," Nucl. Phys. A 777, 459-478 (2006).

[3] S. S. Belyshev and K. A. Stopani, "Automatic data acquisition and analysis in activation experiments," Moscow Univ. Phys. 68, 88-91 (2013).

[5] H. Utsunomiya, S. Goriely, M. Kamata, T. Kondo, O. Itoh, H. Akimune, T. Yamagata, H. Toyokawa, Y. -W. Lui, S. Hilaire, and A. J. Koning, Phys. Rev. C 80, 055806 (2009).

- 3.7.2. Вклад каждого члена коллектива в выполнение Проекта в 2015 году**
Белышев С. С.: выполнение экспериментов по облучению мишеней из природного Cd и изотопно-обогащенного Cd, выполнение эксперимента по измерению сечений на ^{209}Bi .

Кузнецов А. А.: анализ экспериментальных данных, подготовка публикаций.

Курилик А. С.: подготовка документации.

Овчинникова Л. Ю.: подготовка документации.

Стопани К. А.: подготовка проведения экспериментов на Cd, анализ экспериментальных результатов, расчеты в рамках статистических моделей МФЯР, подготовка публикаций.

- 3.8.1. Количество научных работ по Проекту, опубликованных в 2015 году**
2

- 3.8.1.1. Из них в изданиях, включенных в перечень ВАК**
2

- 3.8.1.2. Из них в изданиях, включенных в библиографическую базу данных РИНЦ**
2

- 3.8.1.3. Из них в изданиях, включенных в международные системы цитирования (библиографические и реферативные базы научных публикаций)**
2

- 3.8.2. Количество научных работ, подготовленных в ходе выполнения Проекта и принятых к печати в 2015 году**
2

- 3.9. **Участие в 2015 году в научных мероприятиях по тематике Проекта**
нет
- 3.10. **Участие в 2015 году в экспедициях по тематике Проекта, которые проводились при финансовой поддержке Фонда**
нет
- 3.11. **Финансовые средства, полученные в 2015 году от Фонда (в руб.)**
450000,00
- 3.12. **Адреса (полностью) ресурсов в Интернете, подготовленных авторами по данному проекту**
нет
- 3.13. **Библиографический список всех публикаций по Проекту, опубликованных в 2015 году, в порядке значимости: монографии, статьи в научных изданиях, тезисы докладов и материалы съездов, конференций и т.д.**
[1] С.С. Бельшев, Б.С. Ишханов, А.А. Кузнецов, А.А. Мартынов, К.А. Стопани, ЯФ 78, 953-962 (2015).

[2] С. С. Бельшев, А. А. Кузнецов, К. А. Стопани, В. В. Ханкин, “Фотоядерные реакции р-процесса на изотопах кадмия при верхней границе тормозного спектра 55,5 МэВ,” ЯФ (2016) [в печати].
- 3.14. **Приоритетное направление развития науки, технологий и техники РФ, которому, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта**
Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика
- 3.15. **Критическая технология РФ, которой, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта** Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом
- 3.16. **Основное направление технологической модернизации экономики России, которому, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта**
Ядерные технологии.

Подпись руководителя проекта

Форма 506. ФИНАНСОВЫЙ ОТЧЕТ ПО ПРОЕКТУ № 15-02-05839

Внимание. Подписи руководителя и главного бухгалтера Организации подтверждают достоверность сведений, указанных в п.п. 6.1а, 6.1б, 6.2а, 6.9, 6.10, и сведений, в отношении которых в Финансовом отчете, указано, что «Расходы произведены Организацией»

Отметка «Расходы произведены Организацией» должна быть сделана при заполнении Отчета в расшифровке расходов (В графе «Расходы на выполнение Проекта», после последней из обязательных записей).

№ пункта	Расходы на выполнение Проекта	Расходы, произведенные получателем гранта (в целых руб.)
6.1.	Компенсация трудозатрат получателя (получателей) гранта.	0
	0	
6.1а	Денежные средства, переданные Руководителем проекта Организации по договору (договорам) на выполнение работ (оказание услуг) по Проекту и израсходованные Организацией на выплату вознаграждения получателю гранта, выполнявшим заказанные Организацией работы (услуги) в рамках трудовых отношений с Организацией (с учетом НДФЛ и страховых взносов)	153491
	Белышев С. С.: 41334 Кузнецов А. А.: 52080 Курилик А. С.: 0 Овчинникова Л. Ю.: 0 Стопани К. А.: 60077	
6.1б	Денежные средства, переданные Руководителем проекта Организации по договору (договорам) на выполнение работ (оказание услуг) по Проекту и израсходованные Организацией на выплату вознаграждения получателю гранта, выполнявшим заказанные Организацией работы (услуги) на основании гражданско-правовых договоров с Организацией (с учетом НДФЛ и страховых взносов)	0
	0	
6.2.	Расходы на поездки за пределы населенного	0

№ пункта	Расходы на выполнение Проекта	Расходы, произведенные получателем гранта (в целых руб.)
	пункта, в котором проживает физическое лицо, получившее грант, в том числе в связи с выполнением работ по проекту, подготовкой и/или участием в мероприятии или экспедиции (полевом исследовании).	
6.2.1.	Расходы на проезд получателей грантов к месту за пределами населенного пункта постоянного проживания и обратно транспортом общего пользования для подготовки мероприятия, участия в мероприятии или экспедиции (полевом исследовании), выполнению работ по Проекту, если работы выполняются в организации, не являющейся постоянным местом работы участника Проекта.	0
6.2.2.	Расходы получателей гранта на оплату пользования на транспорте постельными принадлежностями, на разного рода сборы при оформлении проездных документов (комиссионные сборы, в том числе сборы, взимаемые при возврате неиспользованных проездных документов), на оплату страховых премий по обязательному страхованию пассажиров на транспорте и т.д.	0
6.2.3.	Расходы получателей грантов на проживание за пределами населенного пункта постоянного проживания в связи с подготовкой мероприятия, участием в научном мероприятии или экспедиции (полевом исследовании), выполнению работ по Проекту, если работы выполняются в организации, не являющейся постоянным местом работы участника Проекта (в том числе в случаях, если работы выполняются за рубежом).	0
6.2.4.	Расходы на оформление виз, медицинских страховок при поездке за рубеж.	0
6.2.5.	Расходы на организационные и регистрационные взносы за участие в мероприятиях.	0
	0	

№ пункта	Расходы на выполнение Проекта	Расходы, произведенные получателем гранта (в целых руб.)
6.2а	Расходы получателя гранта на компенсацию затрат Организации на командировку работника Организации, который дополнительно выполнял работы по Проекту или готовил мероприятие и экспедицию(полевом исследовании) или участвовал в мероприятии и экспедиции(полевом исследовании) по проекту (включая суточные и полевое довольствие)	130000
	Япония, г.Кобе,Проведение совместных работ в эксперименте ‘NewSUBARU’, Белыйшев С.С., с 16 июля по 29 июля 2015г.	
6.3.	Расходы на пересылку почтовых отправлений (включая расходы на упаковку почтового отправления, на приобретение почтовых марок и маркированных конвертов), на оплату пользования телефонной, факсимильной связью и услугами интернет - провайдеров, включая плату за предоставление доступа и использование линий связи, передачу данных по каналам связи, информационной сетью «Интернет»	0
	0	
6.4.	Расходы на оплату договоров аренды помещений и другого имущества.	0
	0	
6.5.	Расходы на оплату услуг (работ), оказанных (выполненных) физическими лицами и организациями	0
6.5.1.	Расходы по договорам на предоставление редакционно-издательских услуг (выполнении работ).	0
	0	
6.5.2.	Расходы по договорам на предоставление транспортных услуг	0
	0	

№ пункта	Расходы на выполнение Проекта	Расходы, произведенные получателем гранта (в целых руб.)
6.5.3.	Расходы по договорам на предоставление услуг переводчика	0
6.5.4.	Расходы по договорам на оказание услуг по организации питания животных и на ветеринарное обслуживание животных.	0
	0	
6.5.5.	Расходы по договорам на выполнение, научно-исследовательских, опытно-технологических, геолого-разведочных работ, работ по программному обеспечению.	0
	0	
6.5.6.	Расходы по договорам на изготовление экспериментального оборудования, карт, схем, диаграмм, эскизов, макетов и др. предметов.	0
	0	
6.5.7.	Расходы по договорам на выполнение пуско-наладочных работ, технического обслуживания и текущий ремонт научного оборудования, приборов, вычислительной техники.	0
	0	
6.5.8.	Расходы по договорам с организациями на оказание услуг по подготовке и проведению мероприятий	0
	0	
6.5.9.	Расходы по договорам на предоставление иных услуг и выполнение иных работ	0
	0	
6.6.	Расходы по договорам купли – продажи (поставки)	99009
6.6.1.	Расходы на приобретение научных приборов, оборудования, в т.ч. флеш-карт.	0
	0	
6.6.2.	Расходы на приобретение запасных частей к научному оборудованию, приборам, вычислительной и оргтехнике.	99009
	Кадмий обогащенный по стабильному изотопу Cd-106, 521,10мг., 99 009 рублей	

№ пункта	Расходы на выполнение Проекта	Расходы, произведенные получателем гранта (в целых руб.)
	Расходы произведены организацией	
6.6.3.	Расходы на приобретение (для Проектов, в которых предусмотрены экспедиции): медикаментов, перевязочных средств и прочих лечебных препаратов; мягкого инвентаря и обмундирования; спальных мешков; специальной одежды и специальной обуви; средств космической связи; горюче-смазочных материалов; прочих необходимых материалов (указать материалы).	0
	0	
6.6.4.	Расходы на приобретение подопытных животных и продуктов питания для этих животных, биологических объектов для экспериментов и т.д.	0
	0	
6.6.5.	6.6.5. Расходы на приобретение расходных материалов: канцелярских, чертежных и письменных принадлежностей; бумаги для факсов, ксероксов и принтеров; бумаги на печатные работы; дискет, оптических дисков и т.п., картриджей, тонеров; киноплёнки, аудио- и видеокассет; химических реактивов; прочие расходные материалы (указать материалы)	0
	0	
6.6.6.	Расходы на приобретение средств, обеспечивающих безопасность при проведении работ по Проекту.	0
	0	
6.6.7.	Расходы на приобретение научно-технической литературы по проблематике Проекта (кроме библиотечных фондов).	0
	0	
6.6.8.	Расходы на оплату иных договоров купли-продажи	0
	0	
6.7.	Расходы на:	
	подписку научной литературы по тематике проекта	0
	0	
	на получение доступа к электронным научным информационным ресурсам зарубежных издательств	0
	0	

№ пункта	Расходы на выполнение Проекта	Расходы, произведенные получателем гранта (в целых руб.)
6.8.	Расходы на:	
	приобретение неисключительных (пользовательских), лицензионных прав на программное обеспечение	0
	0	
	приобретение и обновление справочно-информационных баз данных	0
	0	
6.9.	Расходы, связанные с оформлением прав на результаты интеллектуальной деятельности.	0
	0	
6.10.	Расходы, связанные с опубликованием результатов, полученных в ходе выполнения Проекта, в рецензируемых научных изданиях.	0
	0	
6.11.	Расходы, связанные с использованием ресурсов центров коллективного пользования (ЦКП) при выполнении Проекта.	0
	0	
6.12.	Компенсация расходов Организации, предоставляющей условия для выполнения Проекта (не более 20 % от суммы гранта)	67500
	Денежные средства, переданные Организации, израсходованы на: Компенсация трудозатрат сотрудников административно-управленческого и общетехнического персонала по финансово-организационному сопровождению проекта, включая установленные законодательством отчисления в пенсионный фонд, фонды социального и медицинского страхования. Оплата услуг связи (обслуживание внешних кабельных сетей и коммуникационного оборудования, абонентская плата МГТС, почтовые расходы), оплата договоров по информационному сопровождению справочных систем, охрана зданий. Подписка на научные издания, проверка приборов, сертификация; расходы на приобретение канцелярских принадлежностей, бумаги, расходных материалов для оргтехники и предметов для текущих и хозяйственных целей, бланков учета, отчетности, стройматериалов для текущего ремонта помещений, инструмента, компьютерной техники	
6.13.	Возвращено в Фонд	0
	ИТОГО:	450000

№ пункта	Расходы на выполнение Проекта	Расходы, произведенные получателем гранта (в целых руб.)
	Размер гранта, предоставленного на выполнение Проекта в 2015 году:	450000,00

<i>Подпись Руководителя проекта</i>	<i>Подпись руководителя организации</i>	<i>Подпись главного бухгалтера организации</i>
	МП	

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

- 9.1. Номер Проекта**
15-02-05839
- 9.2. Первый автор**
Бельшев Сергей Сергеевич
- 9.3. Другие авторы**
Ишханов Борис Саркисович, Кузнецов Александр Александрович, Мартынов Александр Александрович, Стопани Константин Александрович
- 9.4. Название публикации**
Изомерные отношения продуктов фотоядерных реакций на естественной смеси изотопов серебра
- 9.5. Язык публикации**
RU
- 9.6.1. Полное название издания на языке оригинала.** Ядерная физика
- 9.7. Вид публикации (числовое поле; является обязательным к заполнению)**
Статья в журнале
- 9.8. Завершенность публикации**
Опубликовано
- 9.9. Год публикации**
2015
- 9.10.1. Том издания**
78
- 9.10.2. Номер издания/Выпуск**
11
- 9.11. Страницы**
953-962
- 9.12. Полное название издательства**
Академиздатцентр «Наука»
- 9.13. Краткий реферат публикации**
Активационным методом исследуются фотоядерные реакции на естественной смеси изотопов серебра при энергии электронов ускорителя 55 МэВ. Получены выходы фотоядерных реакций с вылетом до четырех нейтронов. Получены изомерные отношения ^{104}Ag и ^{106}Ag . Полученные изомерные отношения сравниваются с результатами других работ и расчетами по каскадно-испарительной модели.
- 9.14. Общее число ссылок в списке использованной литературы**
24

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

- 9.1. Номер Проекта**
15-02-05839
- 9.2. Первый автор**
Бельшев Сергей Сергеевич
- 9.3. Другие авторы**
Кузнецов Александр Александрович, Стопани Константин Александрович, Ханкин Вадим Валерьевич
- 9.4. Название публикации**
Фотоядерные реакции р-процесса на изотопах кадмия при верхней границе тормозного спектра 55,5 МэВ
- 9.5. Язык публикации**
RU
- 9.6.1. Полное название издания на языке оригинала.** Ядерная физика
- 9.7. Вид публикации (числовое поле; является обязательным к заполнению)**
Статья в журнале
- 9.8. Завершенность публикации**
Сдано в печать
- 9.9. Год публикации**
2015
- 9.10.1. Том издания**
- 9.10.2. Номер издания/Выпуск**
- 9.11. Страницы**
- 9.12. Полное название издательства**
- 9.13. Краткий реферат публикации**
С использованием методики наведенной активности измерены абсолютные выходы фотоядерных реакций на р-нуклидах ^{106}Cd , ^{108}Cd . Полученные результаты сопоставлены с расчетом, выполненным в рамках статистической модели. Получено хорошее согласие в случае реакций на изотопе ^{108}Cd , однако экспериментальное соотношение между фотопротонными и фотонейтронными реакциями на ^{106}Cd значительно отличается от теоретического. Полученные результаты обсуждаются с точки зрения генерации обойденных ядер в р-процессе.

9.14. Общее число ссылок в списке использованной литературы
18

Подпись руководителя проекта

Форма 510. ЗАЯВКА НА 2016 год

10.1. Номер Проекта
15-02-05839

10.2.1. Основной код классификатора
02-120 Физика ядра

10.2.2. Дополнительные коды классификатора

10.3. Ключевые слова
нуклеосинтез, р-ядра, фотоядерные реакции

10.4. Задачи Проекта, которые должны быть решены в 2016 году, их связь с целью и задачами Проекта
В соответствии с исходным планом выполнения работ по проекту на 2016 г. назначено:

1) закупка изотопно-обогащенного образца ^{104}Pd и изготовление мишени, пригодной для исследований с помощью методики наведенной активности и в пучке квазимонохроматических фотонов (фольга 1×1 см, толщина 0.3 мм, масса 360 мг, стоимость по ценам 2015 г.: 450 000 р.);

2) закупка и изготовление аналогичной мишени из естественной смеси изотопов Pd (стоимость 10 000 р.);

3) облучения полученных мишеней из Pd в тормозном пучке ускорителя РМ-55;

4) измерение серий спектров наведенной активности в течение 30 дней;

5) обработка и анализ спектров, полученных в облучениях Pd и ^{106}Cd (эксперимент 2015 г.), идентификация и определение выходов реакций;

6) расчет модельных сечений наблюдаемых фотоядерных реакций по комбинированной модели фотоядерных реакций (КМФР) и TALYS;

7) моделирование эксперимента по облучению на GEANT4. Определение пространственного распределения фотонов по энергиям внутри мишени в процессе облучения. Определение экспериментальных интегральных сечений и астрофизических скоростей наблюдаемых реакций на р-нуклиде ^{102}Pd ;

8) подготовка и проведение расчетов трансмутации изотопов в области Pd-Cd в условиях астрофизического р-процесса с помощью метода многозонного 1-мерного моделирования с использованием полученных экспериментальных данных;

9) представление полученных в 2015 г. результатов на международной конференции по ядерным данным ND2016 (Бельгия, расходы на участие 1 чел. 100 000 р.), подготовка публикаций по результатам исследований.

Распределение исполнителей:
Белышев С. С.: пп. 1, 2, 3, 4, 7;
Кузнецов А. А.: пп. 5, 6, 7, 9;
Стопани К. А.: пп. 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9;
Ханкин В. В.: п. 3.

10.5. Ожидаемые в конце 2016 г. научные результаты

Подготовка и проведение облучений моноизотопной мишени ^{104}Pd и мишени из природной смеси изотопов Pd и идентификация многочастичных фотоядерных реакций в сериях спектров наведенной активности. Определение интегральных сечений реакций и астрофизических скоростей протекания реакций нуклеосинтеза. Расчеты функций возбуждения и сечений по микроскопической модели КМФР и феноменологической модели TALYS. Использование полученных данных для анализа вклада фотоядерных реакций на изотопах палладия в образование обойденных ядер $^{96,98}\text{Ru}$, а также в фотоэрозия обойденного ядра ^{102}Pd . Расчеты итоговых распространенностей упомянутых p -нуклидов при различных температурах звездной плазмы с учетом неопределенностей теоретических скоростей реакций и с использованием впервые полученных экспериментальных данных. Планируется проработка, и возможно, выполнение, эксперимента по прямому измерению сечений фотонейтронных реакций на ^{106}Cd , ^{108}Cd , ^{102}Pd в припороговой области в пучке квазимонохроматических фотонов. Судя по первым результатам, полученным на Cd , можно утверждать, что в результате выполнения работы по итогам 2015-2016 гг. будет получен важный набор данных по астрофизическим фотоядерным реакциям в области ядер Pd-Cd ($Z=46-48$), который позволит существенно усовершенствовать модели генерации обойденных ядер.

10.6. Объем финансирования на 2016 г. запрашиваемый в Фонде 805000,00

10.6.1. Перечень оборудования и материалов, которые необходимо дополнительно приобрести, изготовить или отремонтировать для успешного выполнения Проекта; обосновать необходимость его приобретения и указать приблизительную стоимость

1) изотопно-обогащенный образец ^{104}Pd в количестве, достаточном для исследований с помощью методики наведенной активности и в пучке квазимонохроматических фотонов с изготовлением 1-2 экспериментальных мишеней (фольга 1×1 см, толщина 0.3 мм, масса 360 мг, стоимость по ценам 2015 г.: 450 000 р.);

2) аналогичный образец из естественной смеси изотопов Pd и изготовление мишени из него (стоимость 10 000 р.);

10.6.2. Перечень командировок (в том числе зарубежных), необходимых для выполнения проекта. Обосновать их необходимость и указать приблизительную стоимость.

представление полученных в 2015 г. результатов на международной конференции по ядерным данным ND2016 (Бельгия, приблизительная стоимость участия 100 000 р.).

10.6.3. Планируемое количество участников Проекта в 2016

10.7. Полный список членов коллектива на 2016 год

Белышев Сергей Сергеевич (асс.), Кузнецов Александр Александрович (нс), Стопани Константин Александрович (нс), Ханкин Вадим Валерьевич (мс)

Подпись руководителя проекта

**Форма 511. ВОЗМОЖНОСТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТА РФФИ**

- 11.1. В какой форме результаты проекта могут быть доведены до рынка**
.4
- 11.2. Краткое назначение конечной продукции, технологии или услуг, которые будут производиться с применением полученных результатов.**
Результаты работы могут иметь значение для ядерной энергетики. В работе впервые измеряются интегральные сечения фотоядерных реакций на индивидуальных изотопах кадмия, серебра и палладия, широко используемых в составе конструкционных материалов.
- 11.3. Планируемый период проведения дополнительных НИОКР с целью разработки прототипов продукции (технологии) для демонстрации потенциальным инвесторам**
4
- 11.4. Предполагаемые авторами пути дальнейшего продвижения проекта** 4
- 11.5. Информация, связанная с интеллектуальной собственностью**
1

Подпись руководителя проекта

Форма 512-Р. Данные о физическом лице – Руководителе проекта

- 2.1.1.1. Фамилия**
Стопани
- 2.1.1.2. Имя**
Константин
- 2.1.1.3. Отчество**
Александрович
- 2.1.2.1. Фамилия (на английском языке)**
Stopani
- 2.1.2.2. Имя (на английском языке)**
Konstantin
- 2.1.2.3. Отчество (на английском языке)**
- 2.2.1. Дата рождения**
30.09.1983
- 2.2.2. Пол**
Мужской
- 2.3.1. Ученая степень**
кандидат физико-математических наук
- 2.3.2. Год присуждения ученой степени**
2013
- 2.4.1. Ученое звание**
без ученого звания
- 2.4.2. Год присвоения ученого звания**
- 2.5.1. Полное название организации – основного места работы**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
- 2.5.2. Сокращенное название организации – основного места работы**
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, МГУ имени М.В.Ломоносова, Московский университет или МГУ
- 2.6. Должность по основному месту работы**
нс
- 2.7.1. Область научных интересов (ключевые слова)**
- 2.7.2. Область научных интересов (коды по классификатору РФФИ)**
02-120
- 2.8. Общее число публикаций**
18

- 2.9. Телефон для связи**
- 2.10. Электронный адрес**
hatta@depni.sinp.msu.ru
- 2.11. Участие в Проекте (Р – Руководитель проекта)**
Р
- 2.12. Образование**
высшее
- 2.13. Год участия в проекте**
2015

С условиями Конкурса и текущей редакцией «Правил организации и проведения работ по научным проектам, поддержанным федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский фонд фундаментальных исследований», «Правил представления научных и финансовых отчетов по проектам, поддержанным федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский фонд фундаментальных исследований» ознакомлен, согласен выполнять.

Согласен на использование моих персональных данных для информационного и финансового сопровождения Проекта.

Согласен с опубликованием (в печатной и электронной формах) содержательной научной части отчета, перечня и аннотаций публикаций по Проекту.

«__»_____201_ г.

Подпись _____

Форма 512-И. Данные о физическом лице – члене коллектива, как фактически принимавшем участие в выполнении проекта в 2015 г., так и о тех новых членах коллектива, которые будут участвовать в работе по проекту в 2016 г.

- 2.1.1.1. **Фамилия**
Бельшев
- 2.1.1.2. **Имя**
Сергей
- 2.1.1.3. **Отчество**
Сергеевич
- 2.1.2.1. **Фамилия (на английском языке)**
Belyshev
- 2.1.2.2. **Имя (на английском языке)**
Sergey
- 2.1.2.3. **Отчество (на английском языке)**
- 2.2.1. **Дата рождения**
27.04.1983
- 2.2.2. **Пол**
Мужской
- 2.3.1. **Ученая степень**
без ученой степени
- 2.3.2. **Год присуждения ученой степени**
- 2.4.1. **Ученое звание**
без ученого звания
- 2.4.2. **Год присвоения ученого звания**
- 2.5.1. **Полное название организации – основного места работы**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
- 2.5.2. **Сокращенное название организации– основного места работы**
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, МГУ имени М.В.Ломоносова, Московский университет или МГУ
- 2.6. **Должность по основному месту работы**
асс.
- 2.7.1. **Область научных интересов (ключевые слова)**
- 2.7.2. **Область научных интересов (коды по классификатору РФФИ)**
02-120

- 2.8. **Общее число публикаций**
18
- 2.9. **Телефон для связи**
- 2.10. **Электронный адрес**
belyshev@depni.sinp.msu.ru
- 2.11. **Участие в Проекте (И – член коллектива, подавшего заявку на Конкурс)**
И
- 2.12. **Образование**
высшее
- 2.13. **Год участия в проекте**
2015

Согласен:

- с содержанием Отчета за 2015 год, Заявки на 2016 год, с условиями Конкурса и текущей редакцией «Правил организации и проведения работ по научным проектам, поддержанным федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский фонд фундаментальных исследований», «Правил представления научных и финансовых отчетов по проектам, поддержанным федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский фонд фундаментальных исследований»

- с выбором Организации, предоставляющей условия для выполнения работ по Проекту, в случае получения гранта,

- с избранием Руководителем проекта _____ (ФИО Руководителя),

- на использование моих персональных данных для информационного и финансового сопровождения Проекта.

Предоставляю _____ (ФИО Руководителя) право представлять мои интересы в отношениях с РФФИ, Организацией и иными юридическими и физическими лицами по всем вопросам, связанным с подачей заявки на Конкурс в РФФИ, заключением договора с РФФИ и Организацией, реализацией Проекта, в том числе с распоряжением грантом, в случае его получения.

Согласен с опубликованием (в печатной и электронной формах) содержательной научной части отчета, перечня и аннотаций публикаций по Проекту.

«__»_____201_ г.

Подпись _____

Форма 512-И. Данные о физическом лице – члене коллектива, как фактически принимавшем участие в выполнении проекта в 2015 г., так и о тех новых членах коллектива, которые будут участвовать в работе по проекту в 2016 г.

- 2.1.1.1. Фамилия**
Кузнецов
- 2.1.1.2. Имя**
Александр
- 2.1.1.3. Отчество**
Александрович
- 2.1.2.1. Фамилия (на английском языке)**
Kuznetsov
- 2.1.2.2. Имя (на английском языке)**
Aleksander
- 2.1.2.3. Отчество (на английском языке)**
- 2.2.1. Дата рождения**
20.04.1983
- 2.2.2. Пол**
Мужской
- 2.3.1. Ученая степень**
кандидат физико-математических наук
- 2.3.2. Год присуждения ученой степени**
2014
- 2.4.1. Ученое звание**
без ученого звания
- 2.4.2. Год присвоения ученого звания**
- 2.5.1. Полное название организации – основного места работы**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
- 2.5.2. Сокращенное название организации– основного места работы**
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, МГУ имени М.В.Ломоносова, Московский университет или МГУ
- 2.6. Должность по основному месту работы**
снс
- 2.7.1. Область научных интересов (ключевые слова)**
электромагнитные взаимодействия, фотоядерные реакции, деление ядер, гамма - активационный анализ
- 2.7.2. Область научных интересов (коды по классификатору РФФИ)**
02-120

- 2.8. **Общее число публикаций**
17
- 2.9. **Телефон для связи**
8(964)7956131
- 2.10. **Электронный адрес**
kuznets@depni.sinp.msu.ru
- 2.11. **Участие в Проекте (И – член коллектива, подавшего заявку на Конкурс)**
И
- 2.12. **Образование**
высшее
- 2.13. **Год участия в проекте**
2015

Согласен:

- с содержанием Отчета за 2015 год, Заявки на 2016 год, с условиями Конкурса и текущей редакцией «Правил организации и проведения работ по научным проектам, поддержанным федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский фонд фундаментальных исследований», «Правил представления научных и финансовых отчетов по проектам, поддержанным федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский фонд фундаментальных исследований»

- с выбором Организации, предоставляющей условия для выполнения работ по Проекту, в случае получения гранта,

- с избранием Руководителем проекта _____ (ФИО Руководителя),

- на использование моих персональных данных для информационного и финансового сопровождения Проекта.

Предоставляю _____ (ФИО Руководителя) право представлять мои интересы в отношениях с РФФИ, Организацией и иными юридическими и физическими лицами по всем вопросам, связанным с подачей заявки на Конкурс в РФФИ, заключением договора с РФФИ и Организацией, реализацией Проекта, в том числе с распоряжением грантом, в случае его получения.

Согласен с опубликованием (в печатной и электронной формах) содержательной научной части отчета, перечня и аннотаций публикаций по Проекту.

«__»_____201_ г.

Подпись _____

Форма 512-И. Данные о физическом лице – члене коллектива, как фактически принимавшем участие в выполнении проекта в 2015 г., так и о тех новых членах коллектива, которые будут участвовать в работе по проекту в 2016 г.

2.1.1.1. Фамилия

Ханкин

2.1.1.2. Имя

Вадим

2.1.1.3. Отчество

Валерьевич

2.1.2.1. Фамилия (на английском языке)

Khankin

2.1.2.2. Имя (на английском языке)

Vadim

2.1.2.3. Отчество (на английском языке)

2.2.1. Дата рождения

02.03.1983

2.2.2. Пол

Мужской

2.3.1. Ученая степень

без ученой степени

2.3.2. Год присуждения ученой степени

2.4.1. Ученое звание

без ученого звания

2.4.2. Год присвоения ученого звания

2.5.1. Полное название организации – основного места работы

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

2.5.2. Сокращенное название организации– основного места работы

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, МГУ имени М.В.Ломоносова, Московский университет или МГУ

2.6. Должность по основному месту работы

мнс

2.7.1. Область научных интересов (ключевые слова)

ускорители электронов, разрезной микротрон, фото-ядерные реакции, диагностика пучка электронов, система контроля ускорителей электронов

2.7.2. Область научных интересов (коды по классификатору РФФИ)

02-130

- 2.8. **Общее число публикаций**
18
- 2.9. **Телефон для связи**
- 2.10. **Электронный адрес**
v-k32@yandex.ru
- 2.11. **Участие в Проекте (И – член коллектива, подавшего заявку на Конкурс)**
И
- 2.12. **Образование**
высшее
- 2.13. **Год участия в проекте**
2015

Согласен:

- с содержанием Отчета за 2015 год, Заявки на 2016 год, с условиями Конкурса и текущей редакцией «Правил организации и проведения работ по научным проектам, поддержанным федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский фонд фундаментальных исследований», «Правил представления научных и финансовых отчетов по проектам, поддержанным федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский фонд фундаментальных исследований»

- с выбором Организации, предоставляющей условия для выполнения работ по Проекту, в случае получения гранта,

- с избранием Руководителем проекта _____ (ФИО Руководителя),

- на использование моих персональных данных для информационного и финансового сопровождения Проекта.

Предоставляю _____ (ФИО Руководителя) право представлять мои интересы в отношениях с РФФИ, Организацией и иными юридическими и физическими лицами по всем вопросам, связанным с подачей заявки на Конкурс в РФФИ, заключением договора с РФФИ и Организацией, реализацией Проекта, в том числе с распоряжением грантом, в случае его получения.

Согласен с опубликованием (в печатной и электронной формах) содержательной научной части отчета, перечня и аннотаций публикаций по Проекту.

«__»_____201_ г.

Подпись _____

Форма 512-И(з). Данные о физическом лице – члене коллектива, завершившем участие в выполнении проекта в 2015 г.

- 2.1.1.1. Фамилия**
Курилик
- 2.1.1.2. Имя**
Александр
- 2.1.1.3. Отчество**
Сергеевич
- 2.1.2.1. Фамилия (на английском языке)**
Kurilik
- 2.1.2.2. Имя (на английском языке)**
Alexander
- 2.1.2.3. Отчество (на английском языке)**
Sergeevich
- 2.2.1. Дата рождения**
17.10.1979
- 2.2.2. Пол (1 – мужской; 2 – женский)**
Мужской
- 2.3.1. Ученая степень**
без ученой степени
- 2.3.2. Год присуждения ученой степени**
- 2.4.1. Ученое звание**
без ученого звания
- 2.4.2. Год присвоения ученого звания**
- 2.5.1. Полное название организации – основного места работы**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
- 2.5.2. Сокращенное название организации– основного места работы**
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, МГУ имени М.В.Ломоносова, Московский университет или МГУ
- 2.6. Должность по основному месту работы**
асс.
- 2.7.1. Область научных интересов (ключевые слова)**
Фотоядерные реакции, нуклеосинтез, взаимодействие излучений с веществом, интроскопия
- 2.7.2. Область научных интересов (коды по классификатору РФФИ)**
02-120

- 2.8. **Общее число публикаций**
8
- 2.9. **Телефон для связи**
8-495-939-56-35
- 2.10. **Электронный адрес**
ask-gnp@yandex.ru
- 2.11. **Участие в Проекте (И – член коллектива, подавшего заявку на Конкурс)**
И
- 2.12. **Образование**
высшее
- 2.13. **Год участия в проекте**

Согласен:

- с содержанием Отчета,
- на использование моих персональных данных для информационного и финансового сопровождения Проекта.

Согласен с опубликованием (в печатной и электронной формах) содержательной научной части отчета, перечня и аннотаций публикаций по Проекту.

Заявляю о своей согласии с тем, что в 2016 году я не принимаю участия в выполнении работ по Проекту 15-02-05839 в качестве члена коллектива физических лиц, подавших Заявку на получение гранта РФФИ.

«__»_____201_ г.

Подпись _____

Форма 512-И(з). Данные о физическом лице – члене коллектива, завершившем участие в выполнении проекта в 2015 г.

- 2.1.1.1. Фамилия**
Овчинникова
- 2.1.1.2. Имя**
Любовь
- 2.1.1.3. Отчество**
Юрьевна
- 2.1.2.1. Фамилия (на английском языке)**
Ovchinnikova
- 2.1.2.2. Имя (на английском языке)**
Liubov
- 2.1.2.3. Отчество (на английском языке)**
- 2.2.1. Дата рождения**
24.07.1992
- 2.2.2. Пол (1 – мужской; 2 – женский)**
Женский
- 2.3.1. Ученая степень**
без ученой степени
- 2.3.2. Год присуждения ученой степени**
- 2.4.1. Ученое звание**
без ученого звания
- 2.4.2. Год присвоения ученого звания**
- 2.5.1. Полное название организации – основного места работы**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
- 2.5.2. Сокращенное название организации– основного места работы**
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, МГУ имени М.В.Ломоносова, Московский университет или МГУ
- 2.6. Должность по основному месту работы**
студ.
- 2.7.1. Область научных интересов (ключевые слова)**
Физика пучков, СВЧ-техника, фотоядерные реакции
- 2.7.2. Область научных интересов (коды по классификатору РФФИ)**
02-130

2.8. Общее число публикаций

2.9. Телефон для связи
8-495-939-56-31

2.10. Электронный адрес
lub.ovch@yandex.ru

2.11. Участие в Проекте (И – член коллектива, подавшего заявку на Конкурс)
И

2.12. Образование

2.13. Год участия в проекте

Согласен:

- с содержанием Отчета,
- на использование моих персональных данных для информационного и
финансового сопровождения Проекта.

Согласен с опубликованием (в печатной и электронной формах) содержательной
научной части отчета, перечня и аннотаций публикаций по Проекту.

Заявляю о своей согласии с тем, что в 2016 году я не принимаю участия в
выполнении работ по Проекту 15-02-05839 в качестве члена коллектива физических лиц,
подавших Заявку на получение гранта РФФИ.

«__»_____201_ г.

Подпись _____

Форма 515. Сведения по организации в 2016 году экспедиции и/или полевых исследований по тематике Проекта

- 15.1. Регион проведения экспедиции (полевых исследований)**
- 15.2. Название района проведения экспедиции (полевых исследований)**
- 15.3. Сроки проведения экспедиции**
-
- 15.4. Обоснование необходимости экспедиции. Основные задачи экспедиции.**
- 15.5. Обоснование необходимости полевых работ. Основные задачи полевых работ.**
- 15.6. Перечень средств транспорта, оборудования и материалов, имеющих в наличии, для проведения экспедиции**
- 15.7. Перечень и назначение оборудования, имеющегося в наличии, для проведения полевых испытаний**
- 15.8. Запрашиваемая стоимость экспедиции (полевых испытаний) (в руб.)**

Подпись руководителя проекта _____