

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Курганова Александра Андреевича
на тему: «Методика регистрации сверхтяжелых ядер многоканальными
системами кремниевых детекторов»
по специальности 01.03.15– «Физика атомных ядер и элементарных
частиц, Физика высоких энергий»**

Целью диссертации является разработка и испытание новой научной аппаратуры и новых методов регистрации и анализа зарядового и массового состава сверхтяжелых ядер. Оценивая диссертацию в целом, можно сделать следующие выводы.

Актуальность темы исследования

Без сомнений, исследование изотопного и химического состава сверхтяжелых ($Z \geq 26$) и тяжелых ядер космических лучей (КЛ) представляет большой научный интерес. Если тяжелые ядра образуются преимущественно в недрах звезд путем ядерного синтеза, то сверхтяжелые ядра образуются через процессы нейтронного захвата, которые имеют существенно иную физику и происходят в ходе взрыва сверхновых и слияния нейтронных звезд.

Соответственно, изучение сверхтяжелых ядер КЛ предоставляет важную информацию как о процессах их нуклеосинтеза, так и о физике взрывов сверхновых и слиянии нейтронных звезд, что необходимо знать для, например, разработки моделей взрывов сверхновых. Изучение изотопного состава сверхтяжелых ядер КЛ даёт возможность с помощью т.н. радиоизотопных часов установить возраст КЛ. Изучение физики сверхтяжелых ядер также важно и в прикладных целях, в частности, для исследований, связанных с радиационной стойкостью микроэлектроники.

Вышеперечисленные научные задачи вкупе с тем, что объем уже имеющихся данных по сверхтяжелым ядрам очень мал, показывают высокую актуальность данной работы.

Цели и задачи исследования

Основной целью автора диссертации была разработка реально используемых спектрометров и методик для регистрации сверхтяжелых ядер в космических экспериментах. Им решены следующие основные задачи:

1. разработаны математическая модель спектрометра НУКЛОН-2 и соответствующие модельно-зависимая и модельно-независимая методики разделения ядер по массе и заряду;
2. определено ожидаемое зарядовое и изотопное разрешение спектрометра НУКЛОН-2;
3. разработана математическая модель спектрометра ДЧС-НИКА, предназначенного для тестирования микросхем на радиационную стойкость, и модельно подтверждена его работоспособность;
4. испытание предложенных методик и прототипов приборов в пучковых экспериментах.

Научная новизна

Разработка и испытание именно новой научной аппаратуры (спектрометры НУКЛОН-2 и ДЧС-НИКА) и новых методов регистрации и анализа зарядового и массового состава сверхтяжелых ядер является основным результатом работы. Разработанный автором диссертации модельно-зависимый метод определения массового состава ядер имеет много новых деталей по сравнению с использованными ранее методами этого типа, а разработанный им же модельно-независимый метод анализа массового состава вообще является полностью новым и не имеющим аналогов. Полностью оригинальным является также предложенный метод юстировки детекторов, использованный в разработке детектора ДЧС-НИКА.

Научная и практическая значимость

Определяется, в первую очередь, тем, что разработанные автором методики для спектрометра НУКЛОН-2 дают возможность как получить новые данные по изотопному составу сверхтяжелых ядер, так и улучшить статистическую обеспеченность зарядового состава ядер КЛ. Значимость

этих данных подтверждается большим набором актуальных научных задач, важных для современной теоретической астрофизики.

С другой стороны, результаты работы автора с прототипом ДЧС-НИКА позволит в дальнейшем разрабатывать новые радиационно-стойкие СБИС, требующиеся для запуска новых экспериментов прямого наблюдения, важных для физики космических лучей.

Надежность, достоверность и обоснованность полученных научных результатов не вызывает сомнений, поскольку предложенные методики и прототипы приборов испытаны в ходе пучковых экспериментов с прототипом спектрометра НУКЛОН-2 и с аппаратурой ДЧС-НИКА. Кроме того, результаты работы были опубликованы в 6 статьях в научных журналах, рекомендуемых ВАК, а также доложены на Международных и Всероссийских конференциях.

Можно подчеркнуть, что все выносимые на защиту результаты и положения получены лично автором или при его определяющем участии.

Следует отметить некоторые недостатки и сделать следующие замечания по диссертации:

1. Прототип спектрометра НУКЛОН-2 не оптимален в смысле толщины слоев кремния, согласно моделированию диссертации, и по полной толщине содержит кремния существенно меньше, чем реальный инструмент НУКЛОН-2. Поэтому полученные оценки разрешающей способности метода разделения изотопов не вполне точно отражают то, как будет работать реальный инструмент.
2. Работу модельно-независимого метода разделения изотопов следовало бы продемонстрировать не только в сложном случае разделения изотопов ксенона, но и в более простом случае разделения изотопов аргона, когда работает и модельно-зависимый метод. Тогда работу модельно-независимого метода имела бы независимое экспериментальное подтверждение.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют принципиальной значимости диссертационного исследования.

этих данных подтверждается большим набором актуальных научных задач, важных для современной теоретической астрофизики.

С другой стороны, результаты работы автора с прототипом ДЧС-НИКА позволит в дальнейшем разрабатывать новые радиационно-стойкие СБИС, требующиеся для запуска новых экспериментов прямого наблюдения, важных для физики космических лучей.

Надежность, достоверность и обоснованность полученных научных результатов не вызывает сомнений, поскольку предложенные методики и прототипы приборов испытаны в ходе пучковых экспериментов с прототипом спектрометра НУКЛОН-2 и с аппаратурой ДЧС-НИКА. Кроме того, результаты работы были опубликованы в 6 статьях в научных журналах, рекомендуемых ВАК, а также доложены на Международных и Всероссийских конференциях.

Можно подчеркнуть, что все выносимые на защиту результаты и положения получены лично автором или при его определяющем участии.

Следует отметить некоторые недостатки и сделать следующие замечания по диссертации:

1. Прототип спектрометра НУКЛОН-2 не оптимален в смысле толщины слоев кремния, согласно моделированию диссертации, и по полной толщине содержит кремния существенно меньше, чем реальный инструмент НУКЛОН-2. Поэтому полученные оценки разрешающей способности метода разделения изотопов не вполне точно отражают то, как будет работать реальный инструмент.
2. Работу модельно-независимого метода разделения изотопов следовало бы продемонстрировать не только в сложном случае разделения изотопов ксенона, но и в более простом случае разделения изотопов аргона, когда работает и модельно-зависимый метод. Тогда работу модельно-независимого метода имела бы независимое экспериментальное подтверждение.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют принципиальной значимости диссертационного исследования.

Высокая научная новизна и актуальность приведенных данных, обоснованность выводов и достоверность результатов, полученных в ходе работы, не вызывают сомнений. Автореферат диссертации полностью отражает содержание.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 01.03.15– «Физика атомных ядер и элементарных частиц, Физика высоких энергий» (по физико-математическим наукам), критериям, определенным пп. 2.1 – 2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель **Курганов Александр Андреевич** безусловно заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **01.03.15 – «Физика атомных ядер и элементарных частиц, Физика высоких энергий»**

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник Отдела лептонов высоких энергий и
нейтринной астрофизики,

Федерального государственного бюджетного учреждения

«Институт ядерных исследований РАН»

МУХАМЕДШИН Рауф Адгамович



19 февраля 2024 г.

Контактные данные:

тел.: +7(903) 2123488,

e-mail: rauf_m@mail.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.04.23 - физика высоких энергий

Адрес места работы:

117312, г. Москва, проспект 60-летия Октября, д. 7а

ФГБУ «Институт ядерных исследований РАН»

Тел.: 8(499)135-77-60; e-mail: inr@inr.ru

Подпись сотрудника ФГБУ

«Институт ядерных исследований РАН»

Р.А. Мухамедшина удостоверяю.

Зав. отделом кадров ИЯИ РАН



Е.А.Горшкова