

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.016.03  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им. Г. И.  
БУДКЕРА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК, подведомственного Минобрнауки России, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ФИЗИКО-  
МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело №

решение диссертационного совета от 06.12.2019 № 6

О присуждении КОЖЕВНИКОВУ ДАНИЛЕ АЛЕКСАНДРОВИЧУ учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Развитие метода мультиэнергетической рентгеновской томографии с применением детекторов на основе микросхем семейства Medipix» по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики принята к защите 12.09.2019 г., протоколом заседания № 2, диссертационного совета Д 003.016.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственного Минобрнауки России, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 11, (Приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012 г., Приказ о частичном изменении совета № 569/нк от 01.07.2019 г.).

Соискатель Кожевников Данила Александрович, 1989 года рождения, в настоящее время работает младшим научным сотрудником лаборатории ядерных проблем, научно экспериментального отдела встречных пучков Международной межправительственной организации Объединенного института ядерных исследований, Международной межправительственной организации.

В 2013 году соискатель окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» г.Москва.

В 2017 году окончил очную аспирантуру государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московской области «Университет «Дубна» Московская область, г.Дубна.

Диссертация выполнена в Научно-экспериментальном отделе встречных пучков Лаборатории ядерных проблем им. В.П.Джелепова Международной межправительственной организации Объединенного института ядерных исследований, Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук **Шелков Георгий Александрович**, Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований, научно-экспериментальный отдел встречных пучков Лаборатории ядерных проблем, ведущий научный сотрудник.

**Официальные оппоненты:**

1. Подурец Константин Михайлович – доктор физико-математических наук, Национальный исследовательский центр «Курчатовский

Институт», Курчатовский комплекс синхротронно-нейтронных исследований, главный научный сотрудник, г. Москва;

**2. Сырямкин Владимир Иванович** –доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Факультет инновационных технологий, заведующий кафедрой управления качеством, г. Томск  
дали **положительные отзывы** на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное учреждение «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук, г. Москва, в **своем положительном заключении**, подписанном Асадчиковым Виктором Евгеньевичем – доктор физико-математических наук, профессор, Федерального научно-исследовательского центра «Кристаллография и фотоника», заведующий лабораторией рефлектометрии и малоуглового рассеяния. указала, что диссертация посвящена развитию метода мультиэнергетической рентгеновской томографии с применением детекторов на основе микросхем семейства Medipix. Отмечено, что диссертация хорошо структурирована и оставляет впечатление комплексного, всестороннего исследования, проведенного на высоком уровне, а диссертант выполнил очень большой объем экспериментальной работы на современном уровне, который характеризует его как физика-экспериментатора высокой квалификации. В отзыве указано, что результаты диссертации рассмотрены и одобрены на объединенном научном семинаре Института кристаллографии им. А.В.Шубникова ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН (Протокол №87 от 10.10.2019 г.).

Соискатель имеет 33 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 25 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях 5 работ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Alignment and resolution studies of a MARS CT scanner / A. Gongadze [и др.] // Physics of Particles and Nuclei Letters. — 2015. — Т. 12, № 5. — С. 725—735. (научная статья, объем 11 стр., личный вклад автора 80%)
2. Performance and applications of GaAs: Cr-based Medipix detector in X-ray CT / D. Kozhevnikov [и др.] // Journal of Instrumentation. — 2017. — Т. 12, № 01. — С. C01005. (научная статья, объем 6 стр., личный вклад автора 95%)
3. Study of a GaAs: Cr-based Timepix detector using synchrotron facility / P. Smolyanskiy [и др.] // Journal of Instrumentation. — 2017. — Т. 12, № 11. — P11009. (научная статья, объем 11 стр., личный вклад автора 20%)
4. Kozhevnikov, D. Equalization of Medipix family detector energy thresholds using X-ray tube spectrum high energy cut-off / D. Kozhevnikov, P. Smolyanskiy // Journal of Instrumentation. — 2019. — Т. 14, № 01. — T01006. — URL: <http://stacks.iop.org/1748-0221/14/i=01/a=T01006>. (научная статья, объем 11 стр., личный вклад автора 95%)

5. Kozhevnikov, D. Stack of Timepix-based detectors with Si, GaAs: Cr and CdTe sensors with optimized thickness for spectral CT / D. Kozhevnikov, P. Smolyanskiy // Journal of Instrumentation. — 2019. — Т. 14, № 02. — С. C02010. (научная статья, объем 7 стр., личный вклад автора 95%)

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. От доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника Курчатовского комплекса синхротронно-нейтронных исследований, НИЦ Курчатовский институт, Подурца Константина Михайловича, отметившего, что проведенная работа актуальна, а научная новизна определяется её вкладом в достижение цели, обоснованность и достоверность положений и выводов не вызывают сомнения, а результаты должны быть востребованы при создании томографического оборудования и развитии метода мультиэнергетической томографического сканирования и в других областях применения микросхем семейства Medipix. В отзыве отмечается, что наиболее значимым представляется предложение и реализация идеи трехслойного детектора с чувствительными объемами из различных полупроводников. В отзыве высказан ряд замечаний, не носящих критический характер, и относящихся в основном к стилю изложения: отмечена недостаточная информативность подписей, сложность восприятия для неспециалиста в электронике, наличие опечаток. Утверждается, что диссертационное исследование проведено на высоком научном уровне и полностью удовлетворяет требованиям действующего положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертационным работам, представляемым на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.
2. От доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой управления качеством факультета инновационных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Сырямкина Владимира Ивановича, отметившего актуальность темы диссертации – применение гибридных пиксельных детекторов в мультиэнергетической рентгеновской томографии, позволяющей определить элементный состав объекта. В отзыве отмечается оригинальность подхода автора к решению задачи сегментации в изображениях, примененном для лучшего разложения исследуемого фантома на вещества. В отзыве высказан ряд замечаний, не снижающих научных достоинств диссертации: не указаны известные ученые, внесшие вклад в разработку метода, которому посвящена диссертация, отсутствую акты внедрения результатов диссертационной работы и не оформлены объекты интеллектуальной собственности, имеются неточности и опечатки. Утверждается, что в целом работа написана хорошим языком, характеризуется целостностью и грамотностью изложения, автореферат соответствует диссертации, положения, выносимые на защиту, являются полностью обоснованными.

По мнению оппонентов, автор диссертации заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики».

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается известностью их достижений в области рентгеновской томографии, их компетентностью, наличием публикаций по теме защищаемой диссертации и способностью определить научную и практическую ценность защищаемой диссертации, а также необходимостью дать рекомендации по использованию полученных в ней результатов.

Получен один **дополнительный отзыв от Н.И. Замятин** – кандидата технических наук, начальника сектора «Полупроводниковых детекторов» Лаборатории физики высоких энергий Объединенного института ядерных исследований, в котором отмечается, что текст диссертации написан грамотным и понятным языком, производит хорошее впечатления, несмотря на мелкие опечатки в падежах, выполнена на высоком научном уровне. Утверждается, что поставленная цель – разработка метода определения пространственного распределения веществ достигнута на основе решения определенных автором задач. Отмечается, что данная диссертация будет полезна как для студентов физических специальностей, так и для специалистов разработчиков физических приборов и исследователей, применяемых РТ в своих работах.

**Диссертационный совет отмечает**, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны**: процедура механической юстировки микротомографа, позволившая получить точную реконструкцию изучаемого объекта и достичь пространственного разрешения порядка 80 мкм; метод выравнивания энергетических порогов детекторов на основе микросхем семейства Medipix по краю спектра излучения рентгеновской трубки, позволяющих в 2.5 раза улучшить энергетическое разрешение детектора в диапазоне энергий от 15 до 55 кэВ; комплекс программ для управления микротомографом, обработки данных мультиэнергетического томографического сканирования, моделирования гибридного пиксельного детектора;

**предложены**: идея объединения нескольких детекторов на основе микросхем семейства Medipix с чувствительными объемами из разных полупроводников в многослойный детектор; способ повышения качества идентификации рентгеноконтрастных веществ за счет сегментации реконструированного изображения исследуемого образца; идея использования края спектра рентгеновской трубки для энергетической калибровки детектора;

**доказано**: что распределение носителей зарядов в близи пикселей детектора имеет нормальное распределение, с дисперсией 12.6 мкм для гамма квантов с энергией 18 кэВ, с помощью совместного анализа результатов Монте-Карло моделирования и экспериментальных измерений; перспективность объединения детекторов на основе микросхем Timerix в многослойный детектор для повышения информативности томографического сканирования; что сегментация реконструированного объема образца по данным мультиэнергетического томографического сканирования с детектором на основе микросхемы Timerix делает возможным определение пространственного распределения плексигласа, и

ряда ионов тяжелых атомов в воде с концентрациями: золота – от 8 мг/мл, гадолиния – от 2 мг/мл, кальция – от 240 мг/мл и йода – от 18 мг/мл.

**Теоретическая значимость** исследования обоснована тем, что:

**доказан** определяющий вклад дисперсии носителей заряда в эффект распределения заряда на соседние пиксели гибридного пиксельного детектора с чувствительным объемом из GaAs:Cr;

применительно к проблематике диссертации результативно использован метод Монте-Карло для численного моделирования гибридного пиксельного детектора, метод главных компонент для сегментации данных мультиэнергетического томографического сканирования, методы статистического анализа экспериментальных данных;

**проведена модернизация** метода рентгенотомографического анализа с привлечением информации об энергии прошедшего через объект излучения а также метода выравнивания энергетических порогов детекторов на основе микросхем семейства Medipix, что обеспечило получение новых результатов по теме диссертации.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что:

**разработаны и внедрены** (указать степень внедрения) комплекс программ для управления микротомографом MARS, процедура механической юстировки микротомографа MARS, программа для анализы данных мультиэнергетического томографического сканирования, программа для моделирования гибридного пиксельного детектора, которые используются в НЭОВП ЛЯП ОИЯИ при проведении рентгенотомографических исследований;

**определены** перспективы практического применения метода мультиэнергетического рентгенотомографического сканирования для одновременной идентификации нескольких рентгеноконтрастных веществ в медицинских исследованиях, а также возможность применения метода в геологии, промышленности;

**представлены** методические рекомендации по дальнейшему совершенствованию метода мультиэнергетического рентгенотомографического анализа.

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила:

**для экспериментальных работ** использовалось современное оборудование, измерения проводились квалифицированно, при анализе экспериментальных данных применялись общепринятые методы статистической обработки, результаты математического моделирования согласуются с экспериментом;

**идея** мультиэнергетического томографического анализа **базируется** на анализе существующих методов и возможностей детектора на основе микросхем семейства Medipix, а идея комбинирования нескольких таких детекторов в один многослойный на обобщении передового опыта;

**использованы** результаты из научных публикаций по тематике диссертационной работы;

**установлено** что результаты находятся в соответствии с результатами, полученными другими авторами.

**Личный вклад соискателя** состоит в:

1. Разработке инструментария для моделирования отклика гибридного полупроводникового детектора на основе микросхем Medipix и

проведении сравнения его предсказаний с экспериментальными измерениями.

2. Предложении метода выравнивания энергетических порогов пикселей детектора на основе микросхемы семейства Medipix с одновременной энергетической калибровкой детектора.
3. Предложении одновременно использовать несколько детекторов на основе микросхем семейства Medipix с чувствительными объемами из кремния, арсенида галлия и теллурида кадмия, объединяя их в трехслойный детектор.
4. Разработке методике рентгенотомографического сканирования, методике предварительной обработки данных мультиэнергетической рентгеновской томографии, методике обработки реконструированных спектральных изображений и определения пространственного распределения веществ, а также разработке программного обеспечение: для управления томографом; для предварительной обработки данных спектрального рентгенотомографического сканирования; для анализа реконструированных спектральных изображений и декомпозиции их на базисные вещества.
5. Внесении существенного вклада в разработку методики механической юстировки микротомографа MARS.
6. Проведении сканирования серии геологических и медицинских образцов.
7. Подготовке четырех научных публикаций и участии в подготовке одной научной публикации по материалам выполненной работы; (входящих в перечень рецензируемых российских и зарубежных научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК РФ).

На заседании 06.12.2019 г. диссертационный совет принял решение присудить **Кожевникову Даниле Александровичу** ученую степень **кандидата физико-математических наук** по специальности **01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики**.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту «0» человек, проголосовали: за 18, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета Д 003 016 03,

д. ф.-м. н.

/ А. А. Иванов /

Ученый секретарь диссертационного совета Д 003 016 03,

д. ф.-м. н.

/ П. А. Багрянский /

06. 12. 2019 г.

