

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.034.01 НА БАЗЕ ИНСТИТУТА
АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ РАН (ИАП РАН) НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 19.10.2018 № 5

о присуждении Портному Александру Юрьевичу, гражданину Российской Федерации,
ученой степени доктора физико-математических наук

Диссертация «Физические процессы формирования сигнала и фона при использовании энергодисперсионных детекторов рентгеновского и гамма излучения» по специальности 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики» принята к защите 06.07.2018 г протокол № 3 диссертационным советом Д002.034.01 на базе Института аналитического приборостроения РАН (ИАП РАН), 109103, Санкт-Петербург, Рижский проспект, д. 26. Приказ о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012 года.

Соискатель, Портной Александр Юрьевич, 1974 года рождения, гражданин РФ, защитил в 2005 году диссертацию на тему «Взаимодействие излучения с веществом при формировании сигнала и фона в рентгенофлуоресцентной аппаратуре» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в диссертационном совете Д212.074.04, созданном на базе Иркутского государственного университета.

Работает в должности доцента в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении Высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» Федерального агентства транспорта.

Научный консультант – доктор физико-математических наук Павлинский Гелий Вениаминович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего образования «Иркутский государственный университет», физический факультет, кафедра «Общей и экспериментальной физики», профессор.

Официальные оппоненты:

Семенов Валентин Георгиевич – доктор физико-математических наук, профессор Института химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет. Представил на диссертацию и автореферат **положительный отзыв**, в котором содержатся следующие замечания:

- на рисунке 2.17 при сопоставлении расчетных и экспериментальных данных в последних имеется область с пиками в районе 10-13 кэВ, происхождение которых объясняется

неполной режекцией наложений импульсов. Возможно ли моделирование данного процесса?

- на рисунке 3.6 в области пика комптоновского рассеяния наблюдается значительное рассогласование данных, рассчитанных по методу Монте-Карло и экспериментальных. Может ли оно в дальнейшем быть устранено?

- в работе показано, что при использовании тонких Si детекторов фон, обусловленный регистрацией электрона отдачи в случае выхода комптоновски рассеянного фотона из детектора будет уменьшен для источников излучения, содержащих высокоэнергетическую составляющую. Тогда зачем требуется усложнение системы путем использования многослойного детектора?

Ревенко Анатолий Григорьевич - доктор технических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук. Представил на диссертацию и автореферат **положительный отзыв**, в котором содержатся следующие замечания:

- в разделе «Обозначения, принятые в диссертации» на стр. 15 - число Авогадро упомянуто дважды, а некоторые другие обозначения повторно расшифровываются в тексте (атомный номер, атомный вес);

- стр. 24, 26 и далее – вместо «трубки» надо бы «рентгеновские трубки»;

- стр. 28 – «увеличение в 2-3 раза интенсивности длинноволновой составляющей рентгеновского излучения относительно излучения трубок с боковым окном (которое не может быть объяснено только увеличением поглощения излучения в аноде трубки)» - увеличение в 2-3 раза интенсивности – это объяснялось бы не увеличением поглощения, а его уменьшением;

- стр. 33 – «поскольку при наличии некоторого непрерывного фона в области линии будет уменьшаться ее интенсивность без изменения контрастности» – вероятно, правильно было бы «без улучшения контрастности»;

- на стр. 49 и 59 автор не совсем корректно применяет термин «метод». ИСАХ РАН рекомендует следующие словосочетания: объект – анализируют; компоненты, элементы (аналиты) – обнаруживают, идентифицируют, определяют;

- стр. 62 – «Для подобных газовых детекторов обычно используется термин «пропорциональный счетчик», для полупроводникового детектора – «энергодисперсионный» – последний термин вызывает возражение;

- стр. 98 – «интенсивность рентгеноспектральной линии» – нет такого деления: «рентгеноспектральные» или «рентгеноструктурные» линии;

- стр. 125 - вероятность регистраций фотона – фотон регистрируется только раз!

- стр. 129-132 - вероятности регистрации фотона в различных частях функции отклика детектора – терминология – точнее было бы «вероятности регистрации фотона в зависимости от его энергии»;

- на стр. 161 и 165 неудачны выражения: «Энергетический спектр фотонов, попадающих в детектор, будет равен...» и «Энергетическое распределение электронов по энергии будет равно...» и далее приводятся формулы;
- стр. 170 Рис. 3.5. б) тормозное излучение фото (непрерывная линия), Оже (точечная линия) и комптоновских (прерывистая линия) электронов. На этом рисунке нет точечной линии. Аналогичное относится к рисункам на стр. 180, 182, 186;
- стр. 176 «современных спектрометрах ARL...» – таких нет в настоящее время!
- стр. 217 «спектр молибденового образца, снятый с пропорционального детектора». Точнее было бы «спектр молибденового образца, измеренный пропорциональным детектором»;
- стр. 218 - хорошо согласуется с ранее полученными данными других работ, например [245 - 247, 257]. Здесь должно бы указать и более ранние работы 242, 244 и др.;
- стр. 226 - вместо «приведены на рис. 4.5» надо «приведены на рис. 5.5»;
- неточности в терминологии: стр. 175 «длина волны спектральной интенсивности» и «энергия, достаточная для создания спектральной интенсивности с длиной волны» и стр. 226 «анализируемой линии», точнее, «исследуемой линии»;
- в списке литературы для ссылок 188 и 189 не указан год издания.

Калинин Борис Дмитриевич - доктор технических наук. Представил на диссертацию и автореферат **положительный отзыв**, в котором содержатся следующие замечания:

- представленный материал в главе 1, содержащий литературный обзор (стр. 16 – 104), является излишне подробным и контрастирует с материалом основной части (стр. 105 – 236);
- в тексте диссертации встречаются неудачные выражения:
стр. 232 «Из таблицы 5.1 видно ...» - предпочтительно «Из данных табл. 5.1 следует ...»;
стр. 234 «Из этого рисунка видно ...» - предпочтительно «Из этого рисунка следует ...»;
стр. 186 «... интенсивность анализируемой линии ...» предпочтительно «... интенсивность аналитической линии ...» или «... интенсивность измеряемой линии ...»;
- положения научной новизны и положения, выносимые автором на защиту, сформулированы в излишне развернутом виде.

Ведущая организация **Акционерное общество «Инновационный центр «Буревестник»**, г. Санкт-Петербург (имело название «Научно-производственное предприятие «Буревестник» на начало процедуры защиты), в своем **положительном заключении**, утвержденном генеральным директором **Цветковым Владимиром Иосифовичем**, подписанном заведующим комплексным отделом аналитической техники, кандидатом технических наук **Гогановым Андреем Дмитриевичем**, заведующим лабораторией кристаллов-анализаторов, кандидатом физико-математических наук **Коганом Михаилом Тевеловичем**, исполняющим обязанности ученого секретаря научно-технического совета ИЦ «Буревестник» **Нелюбовым Александром**

Васильевичем указала, что «Работа Портного А.Ю. выполнена на высоком научном уровне и представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно рассматривать как крупное научное достижение, результаты которого могут быть применены в области приборостроения рентгеноспектральной аппаратуры. Таким образом, диссертация Портного Александра Юрьевича «Физические процессы формирования сигнала и фона при использовании энергодисперсионных детекторов рентгеновского и гамма излучения» соответствует всем критериям, предъявляемым к докторским диссертациям Положением о присуждении ученых степеней, утвержденных Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики». В отзыве содержатся следующие замечания:

- автор диссертации (на стр.22 автореферата) делает спорный вывод о независимости параметра контрастность спектральной линии от толщины детектора при энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном анализе. Этот вывод противоречит разделу 3.8.2 «Влияние толщины Si детектора на контрастность» диссертации, в котором автор явно демонстрирует в таблице 3.3 наличие зависимости между толщиной детектора и контрастностью спектральной линии TiK. Автору следовало бы установить границы применимости этого утверждения (диапазон энергий регистрируемого излучения, материал детектора и прочее);
- на стр. 221 диссертации приводятся данные для Na-канала аппарата СРМ-25М, построенного на Ag-пропорциональном счетчике, и связанные сложности при дискриминации линии NaK от имеющихся паразитных пиков. Однако, описываемых автором проблем можно было бы избежать при использовании Ne в качестве газа наполнителя счетчика; это исключило бы влияние пика вылета и значительно уменьшило бы влияние старших порядков отражения от кристалла-анализатора и в конечном итоге понизило бы значение статистического предела обнаружения Na;
- в тексте диссертации имеется небрежность в терминологии и обозначениях. Так, встречаются словосочетания: «анализируемая линия», «в детектор поступает спектр фотонов», «линия Ti». В то время, как правильнее было бы изложить соответственно: «аналитическая линия», «в детектор направлены фотоны в широком энергетическом диапазоне» и «линия TiKa».

Соискатель имеет более 80 (восемьдесят) опубликованных работ (в том числе по теме диссертации более 40 (сорока), из них в рецензируемых научных изданиях, из перечня ВАК РФ, опубликованы 19 (девятнадцать) работ, в том числе 7 (семь) статей в журналах, которые входят в международные базы цитирования SCOPUS. В данных работах отражено содержание диссертации, представлены разработанные

модели и согласование результатов моделирования с экспериментальными данными, проведены экстраполяции данных моделирования за границы существующих приборов.

Все математические модели, их программное обеспечение разработаны лично Портным Александром Юрьевичем с коллегами и учениками. Вклад в проведение всех исследований и обработку полученных результатов Портного Александра Юрьевича был решающим.

Наиболее значимые за последние годы работы соискателя, в наибольшей степени раскрывающие содержание диссертации:

1. **Portnoy A.Yu**, Pavlinsky G.V., Gorbunov M.S., Sidorova Yu.I. An estimation of EDXRF spectrometer properties, based on a two-layer composite Si-Ge detector // X-ray spectrometry, 2012, v. 41, pp. 298-303.

2. **Портной А.Ю.** Павлинский Г.В., Горбунов М.С. Сидорова Ю.И. Свойства двухслойных комбинированных детекторов и рентгеновских флуоресцентных энергодисперсионных спектрометров на их основе // Научное приборостроение, 2012, т.22, №1, с.25-35.

3. **Портной А.Ю.** Павлинский Г.В., Горбунов М.С. Сидорова Ю.И. Оценка свойств рентгеновского флуоресцентного энергодисперсионного спектрометра на основе двухслойного комбинированного детектора. // ЖАХ, 2012, т. 67, № 3, с. 274-281.

4. **Портной А.Ю.** Павлинский Г.В., Горбунов М.С. Об оценке свойств комбинированного двухслойного рентгеновского детектора // Научное приборостроение, 2010, т.20, с. 39-45.

5. **Портной А.Ю.** Метод оценки энергетических и пространственных параметров рентгеновских и гамма детекторов // Научное приборостроение, 2009 т. 19, № 4, 13-23.

6. **Portnoy A.Yu.**, Pavlinsky G.V., Gorbunov M.S. An estimation of the signal to background ratio limited by photon and electron transport in EDXRF // X-ray spectrometry, 2010, v. 39, N1, pp. 41-51.

7. **Портной А.Ю.** Павлинский Г.В., Горбунов М.С., Баранов Е.О., Зузаан П. Об оптимизации соотношения сигнал/фон в энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном анализе // ЖАХ. – 2009. т.64, № 5, С.511-520.

8. **Портной А.Ю.** Павлинский Г.В. Использование фильтрации амплитудного распределения для уменьшения фона в рентгено флуоресцентном анализе // ЖАХ. -2005. т.60, № 9, С.944-951.

9. Dukhanin A.Yu., Pavlinsky G.V., Baranov E.O., **Portnoy A.Yu.**, Kjun A.V. Influence of photo and Auger electrons of the elements with high numbers on carbon x-ray fluorescence intensity // X-ray spectrometry. – 2006. v.35 pp.34-39.

10. Pavlinsky G.V., Dukhanin A.Yu., **Portnoy A.Yu.**, Kjun A.V. Excitation of low-Z fluorescence by radiation from thin-window x-ray tubes // Radiation Physics and Chemistry. – 2005. – v.72, N 4. – pp. 429-435.

11. **Портной А.Ю.** Павлинский Г.В., Духанин А.Ю., Зузаан П., Эрдемчимег Б. Формирование аналитического сигнала и фона в флуоресцентном

рентгенорадиометрическом анализе при использовании радиоактивного источника ^{241}Am и Si(Li) детектора // ЖАХ. – 2004. – № 11. – С. 1171-1180.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Московская область, Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН, старший научный сотрудник лаборатории рентгеновской кристаллооптики, кандидат физико-математических наук Егоров Владимир Константинович. **Отзыв положительный**, содержит следующие замечания:

- автором не учтены в литературном обзоре возможности и особенности PIXE спектрометрии, исчерпывающе изложенные в монографии «Particle-induced x-ray emission spectrometry (PIXE), edited by S.A.E. Johansson, J.L. Campbell, K.G. Malquist, W. Ley, New York, 1995, 451 p.», на которую у диссертанта нет ссылок ни в автореферате, ни в диссертации;

- еще одним важным замечанием диссертанту является отсутствие ссылки, а возможно, и просто игнорирование монографии профессора И.Б.Боровского «Физические основы рентгеноспектральных исследований, Москва, изд. МГУ, 1956, 463 с.» и его более ранние публикации.

2. Город Новосибирск, Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, старший научный сотрудник лаборатории спектроскопии неорганических соединений, доктор химических наук Трунова Валентина Александровна. **Отзыв положительный**, содержит следующие замечания:

- на стр. 21, на рис. 6а ошибка. По вертикальной оси отложен счет фотонов N . N не может быть меньше единицы (там стоят значения 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}). На рис.6б этой ошибки нет;

- в третьей главе автор рассматривает последовательность формирования сигнала и фона от различных источников излучения. Можно было бы ещё рассмотреть в качестве источника излучения – синхротронное излучение, т.к. СИ широко используется в энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном анализе. Будет ли структура спектра измеряемого сигнала и фона существенно меняться при использовании монохроматического пучка синхротронного излучения различных энергий возбуждения, от 20 до 150 кэВ. Это очень важный момент;

- в четвертой главе автор рассматривает математическую модель двухслойных детекторов. Приводится расчётный уровень сигнала и фона для такого вида детекторов и говорится об их преимуществах. Но автор ничего не говорит про быстродействие таких систем. Электронная схема антисовпадений или суммирующая схема совпадений заведомо приведет к снижению скорости счета таких регистрирующих систем. Не хватает этих оценок.

3. Город Улан-Удэ, Геологический институт СО РАН, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук Жалсараев Батоболот Жалсараевич. **Отзыв положительный**, содержит следующее замечание:

- объяснение расхождений измеренных и расчетных спектров неточностью сечений комптоновского рассеяния (стр. 22 автореферата) не очень обосновано. Предложил бы в будущем опробовать модель, в которой учитывалась бы поляризация излучения при рассеянии в образце или фотонов в детекторе (более, чем на 90% при углах рассеяния около 90°). Дифференциальное сечение такого рассеяния асимметрично и возрастает примерно в 2 раза в плоскости, перпендикулярной плоскости первого рассеяния. Очевидно, вероятность вылета фотонов из детектора при многократном рассеянии возрастает. Расхождения возможны из-за рассеяния на стенках коллиматора, в среде, от суппорта, а также наложений и т.п.

4. Город Иркутск, Иркутский университет путей сообщения, профессор, доктор технических наук Китов Борис Иванович. **Отзыв положительный**, существенных замечаний по автореферату не содержит.

5. Город Иркутск, Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, заведующий лабораторией рентгеновских методов анализа, доктор технических наук Финкельштейн Александр Львович. **Отзыв положительный**, содержит следующие замечания:

- остается не ясной возможная перспектива изготовления двухслойного детектора (например, слой Si и Ge). Насколько существенно его преимущество по сравнению с расположенными рядом двумя детекторами из Si и Ge, работающими для разных диапазонов энергии излучения;

- в автореферате имеются мелкие неточности и погрешности стиля. На стр. 27 ссылка на рис. 6. По-видимому, это ссылка на рис. 11. Автор пишет «Для улучшения соотношения сигнал/фон необходимы адекватные модели физических процессов, приводящих к формированию, как сигнала, так и фона». Сами по себе модели не могут улучшить соотношение сигнал/фон.

6. Город Санкт-Петербург, ООО «Полюс», главный специалист – научный руководитель, кандидат технических наук Лукьянченко Евгений Матвеевич. **Отзыв положительный**, содержит следующие замечания:

- уместно было бы упомянуть в списке литературы, наряду с позицией [1], монографию С.В. Мамиконяна, Атомиздат, 1976 г., как одну из ранних наиболее фундаментальных отечественных работ в этой области;

- на стр.16 и 29 автор справедливо отмечает, что «процессы переноса излучения и его поглощения будут существенно ограничивать пространственное разрешение координатно-чувствительных детекторов». Следует заметить, что в рентгеноспектральном анализе при регистрации диспергированного излучения позиционно – чувствительным детектором ширина аналитических линий определяется в первую очередь условиями отражения от кристалл-анализатора (величиной вторичной экстинкции в несовершенных кристаллах) и параметрами рентгенооптической схемы, в том числе и углом падения излучения на детектор. Процессы рассеяния излучения в детекторах по величине вклада в ширину линий на порядок меньше этих величин;

- в тексте автореферата есть небольшое противоречие между стр.15, где говорится, что «изменение толщины детектора в основном влияет на вероятность регистрации фотона в пике полного поглощения», т.е. очевидно, что с увеличением толщины увеличивается эффективность регистрации, и это должно сказаться на контрастности, и утверждением на стр.22, где говорится о независимости контрастности от толщины детектора.

7. Город Москва, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, химический факультет, кафедра аналитической химии, кандидат химических наук, доцент Осолок Кирилл Владимирович. **Отзыв положительный**, существенных замечаний по автореферату не содержит.

8. Город Москва, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, химический факультет, кафедра аналитической химии, кандидат химических наук, доцент Моногарова Оксана Викторовна. **Отзыв положительный**, содержит следующее замечание:

- в предложенной модели не учитывается доплеровское уширение линии комптоновского рассеяния, которое может вносить существенный вклад.

9. Город Москва, институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского, старший научный сотрудник лаборатории методов исследования и анализа веществ и материалов, кандидат физико-математических наук Кузьмина Татьяна Георгиевна. **Отзыв положительный**, существенных замечаний по автореферату не содержит.

10. Город Новосибирск, институт геологии и минералогии СО РАН, ведущий научный сотрудник, доктор технических наук Лаврентьев Юрий Григорьевич. **Отзыв положительный**, существенных замечаний по автореферату не содержит.

11. Город Санкт-Петербург, АО «Комита», зам. Генерального директора, кандидат физико-математических наук Серебряков Александр Сергеевич. **Отзыв положительный**, содержит замечания:

- неполнота литературного обзора, т.к. отсутствует информация о ключевых источниках по определению главных параметров функции сбора заряда в полупроводниковом детекторе, а именно, среднего значения и дисперсии потерь заряда в зависимости от места поглощения фотона в чувствительном объеме кристалла;

- отсутствие указаний на комплексные характеристики программы расчетов: является ли она одномерной или трехмерной, учитывает ли неоднородностью свойств детектора в радиальном направлении или только направлении его оси, с какой скоростью работает программа при рассмотрении системы «источник-образец-детектор», применяются ли в ней методы ускорения счета с использованием существенной выборки, возможна ли замена изотопного источника на рентгеновскую трубку с известным спектром излучения;

- метод Total Reflection ошибочно назван методом, основанным на полном внутреннем отражении, в то время, как в нем используется полное внешнее отражение излучения от подложки, на которой расположена проба.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что профессор Семенов Валентин Георгиевич является известным специалистом в области спектрометрии, публикации которого признаны во всем мире, Ревенко Анатолий Григорьевич является ведущим специалистом в мире в области рентгенофлуоресцентного анализа, редактором признанного во всем мире журнала *X-ray spectrometry*, Калинин Борис Дмитриевич – один из ведущих ученых с практическим опытом разработки рентгенофлуоресцентных спектрометров. АО ИЦ «Буревестник» является ведущим в России предприятием по выпуску спектрометров рентгеновского излучения и сепараторов с использованием рентгеновского излучения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложена физическая модель детектора, учитывающая процессы как переноса излучения электронов высоких энергий, так и сбора заряда электронов низких энергий, и **обосновано** ее математическое описание, позволяющее с помощью метода Монте-Карло рассчитывать параметры функции отклика детектора;

впервые созданы теоретические основы расчета двухслойного комбинированного детектора, с первым достаточно тонким (порядка 0,5 мкм) слоем Si и вторым слоем Ge, GaAs, либо CdTe, и схемой антисовпадений, либо схемой суммирования энергий одновременных импульсов;

с помощью указанной выше модели **оценены** вероятности регистрации фотона в областях функции отклика детектора вне пика полного поглощения;

выявлено существенное уменьшение вероятности регистрации фотона в пиках потерь второго детектора по сравнению с пиком потерь одиночного аналогичного детектора второго слоя;

впервые показано, что при использовании в энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном анализе с радиоизотопным возбуждением комбинированного двухслойного детектора возможно улучшение соотношения сигнал/фон;

впервые предложен способ фильтрации амплитудного спектра импульсов детектора, позволяющий при использовании Na канала по Йоганссону примерно в три раза увеличить контрастность при сохранении уровня сигнала;

на его основе **предложен** алгоритм учета структуры спектральных линий при использовании псевдокристаллов для разложения излучения в спектр.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

раздел теории проектирования рентгенофлуоресцентной аппаратуры **дополнен** методом, позволяющим на основе анализа процессов переноса энергии в образце и детекторе прогнозировать величину контрастности при использовании различных детекторов и источников возбуждающего излучения с учетом их взаимного влияния;

применительно к разделу теории детектирования рентгеновского излучения **установлены соотношения** между вероятностями регистрации в пике полного

поглощения, и областях функции отклика детектора, связанных с потерей части энергии в процессе регистрации;

на основании результатов моделирования процессов переноса излучения, при регистрации фотонов **обоснованы выводы** об изменении контрастности при применении детекторов различной толщины, о свойствах двухслойных детекторов;

применительно к проблематике диссертации раздел теории проектирования рентгенофлуоресцентной аппаратуры дополнен сведениями, позволяющими уточнить расчет вероятностей регистрации фотонов при известной функции отклика детектора, что позволило **теоретически обосновать** способ повышения контрастности при применении предложенного соискателем алгоритма фильтрации амплитудного спектра по сравнению с традиционным применением амплитудного дискриминатора.

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

результаты работы являются основой для совершенствования рентгенофлуоресцентных спектрометров в целях улучшения их метрологических параметров. Знание процессов формирования фона в энергодисперсионном флуоресцентном анализе создает условия для эффективного учета и подавления фоновой составляющей;

представленная в работе модель процессов, происходящих в энергодисперсионном спектрометре и детекторе, является основой для расчета контрастности, позволяет описать форму функции отклика детектора и рассчитать величину фона, обусловленного неидеальностями функции отклика детектора;

предложенный двухслойный комбинированный Si-Ge или Si-GaAs детектор может быть применен при прецизионных радиационных измерениях в широком диапазоне энергий;

предложенный алгоритм фильтрации амплитудного спектра является основой для улучшения соотношения сигнал/фон при использовании в квантометрах со спектрометрическими каналами по Иоганссону и Соллеру.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что теория построена на основе научно-обоснованных положений физической теории фотопоглощения, когерентного и комптоновского рассеяния, описываемых известными уравнениями. Полученные теоретические результаты согласуются с опубликованными и полученными экспериментальными данными по теме диссертации, полученными соискателем лично, а также другими учеными. Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на многочисленных научных конференциях, как всероссийских, так и международных.

Личный вклад соискателя состоит в том, что он принимал непосредственное участие:

- в постановке задач экспериментов, разработке и изготовлении экспериментального оборудования, дополняющего существующее;
- в проведении всех экспериментов;
- в обработке и интерпретации экспериментальных данных;
- в разработке теоретических моделей;
- в разработке программного обеспечения, позволяющего проводить расчеты по разработанным теоретическим моделям;
- в подготовке всех основных публикаций по выполненным исследованиям, представленным в диссертационной работе.

На заседании 19 октября 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Портному Александру Юрьевичу ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 16 докторов наук, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 13, против - 2, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель диссертационного совета
доктор технических наук, профессор

В.Е. Курочкин

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор физико-математических наук

А.Л. Буляница

Дата оформления заключения
19 октября 2018 г.

