

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 14.03.02 Ядерная физика и технологии
 Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка применимости детекторов типа БДКГ для исследования атмосферного гамма-фона

УДК 551.510.5:504.064:539.128

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5Г	Дорощук София Игоревна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ	Яковлева В.С.	д.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН ШИП	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ядерная физика и технологии	Бычков П.Н.	к.т.н.		

УЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общекультурные компетенции	
Р1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
Р2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
Р3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
Р4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
Р5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
Р6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
Р8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
Р9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.
Р10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.
P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.03.02 Ядерная физика и технологии

Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ 23.04.2019 Бычков П.Н.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
0А5Г	Дорощук Софии Игоревне

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	1550/с от 27.02.19

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2019 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Результаты мониторинга гамма-фона атмосферы на разных высотах сцинтилляционным детектором БДКГ-03.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение: цель работы, обозначение проблемы, ее техническое и практическое значение. Основная часть: обзор литературных источников, проведение экспериментов, анализ полученных результатов
Перечень графического материала	Сборочный чертеж блока сцинтилляционного БДКГ-03

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Гоголева Татьяна Сергеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.04.2019
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ	Яковлева В.С.	д.т.н., доцент		23.04.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5Г	Дорощук С.И.		23.04.2019

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ,
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0A5Г	Дорожук Софии Игоревне

Школа	ИШЯТ	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Безопасность и нераспространение ядерных материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	– Оклад научного руководителя – 47104 руб.; – Оклад мл. научного сотрудника – 15470 руб.; – Тариф на электроэнергию – 5,748 руб. за 1 кВт·ч.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	—
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	– Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30 %; – Ставка НДС – 20 %; – Затраты на ЕСН – 30 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Организация и планирование работ	– Расчет продолжительности этапов работ; – Построение линейного графика работ; – Расчет накопления готовности проекта.
2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	
3. Оценка экономической эффективности	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Линейный график работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, Звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН ШИП	Конотопский В. Ю.	к.э.н.		23.04.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A5Г	Дорожук С.И.		25.04.2019

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А5Г	Дорощук Софии Игоревне

Школа	ИШЯТ	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Безопасность и нераспространение ядерных материалов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места на предмет возникновения:	– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения); – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы);
2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме	– требования охраны труда при работе на ПЭВМ; – электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные).
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности	– электробезопасность (причины, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	22.04.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ ИШЯТ	Гоголева Т. С.	к.ф.-м.н		22.04.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5Г	Дорощук С.И.		22.04.2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки (специальность) 14.03.02 Ядерные физика и технологии
 Уровень образования Бакалавр
 Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.04.2019	Выдача задания	
06.05.2019	Проведение измерений	
17.05.2019	Проведение краткосрочного эксперимента	
22.05.2019	Анализ данных	
05.06.2019	Сдача работы	

СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ	Яковлева В.С.	Д.Т.Н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Бычков П.Н.	К.Т.Н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 62 страницы, 9 рисунков, 11 таблиц, 4 приложения.

Ключевые слова: сцинтиллятор, контроль радиационной обстановки, БДКГ-03, гамма-фон атмосферы, дозиметрия.

Объектом исследования являются детекторы типа БДКГ (Атомтех, производство Республика Беларусь) для исследования приземного атмосферного гамма-фона.

Целью работы является исследование влияния температуры окружающей среды на результаты измерения гамма-фона атмосферы с использованием разных методов дозиметрии.

В процессе работы произведена оценка применимости детекторов типа БДКГ-03, как детекторов, в которых проводится автоматическая корректировка на температуру окружающей среды для исследования фоновых изменений мощности дозы гамма-излучения, связанных с влиянием погодных условий.

В результате было выявлено, производитель БДКГ-03 заложил в алгоритм прибора калибровочный коэффициент, приводящий к неверным выводам относительно суточных вариаций гамма-фона. Также калибровочный коэффициент не учитывает распределение дозовой нагрузки от высоты, поэтому разница показаний в имп/с и мкЗв/ч с ростом высоты возрастает при радиационном мониторинге вертикальных слоев атмосферы.

Список используемых сокращений

ТОРИИ – Томская обсерватория радиоактивности и ионизирующих излучений

ИИ – ионизирующее излучение

ФЭУ – фотоэлектронный умножитель

ПК – персональный компьютер

ОПФ – основные производственные факторы

ВПФ – вредные производственные факторы

ТБ – техника безопасности

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина

ЭМИ – электромагнитное излучение

СИЗ – средства индивидуальной защиты

Содержание

Введение	14
1 Методы регистрации гамма-фона атмосферы	16
1. 1 Основы сцинтилляционного метода	16
1.1.1 Сцинтилляционный детектор для регистрации гамма-излучения.....	19
1.1.2 Применение сцинтилляционных детекторов для регистрации гамма-излучения.....	22
1.2 Ионизационный метод измерения гамма-излучения	24
1.2.1 Дозиметр широкодиапазонный ДРГ-01Т1	25
2 Описание эксперимента	26
2.1 Атомтех, Республика Беларусь.....	26
2.2 Аппаратура радиационного контроля на основе сцинтилляционного детектора NaI.....	27
2.3 Описание долгосрочного эксперимента.....	28
2.4 Краткосрочный эксперимент	30
3 Финансовый менеджмент	33
3.1 Организация и планирование работ	33
3.2 Продолжительность этапов работ	34
3.3 Расчет сметы на выполнение проекта	36
3.3.1 Расчет затрат на материалы	36
3.3.2 Расчет заработной платы.....	37
3.3.3 Расчет затрат на социальный налог	38
3.3.4 Расчет затрат на электроэнергию	39
3.3.5 Расчет амортизационных расходов	40
3.3.6 Расчет прочих расходов	40
3.3.7 Расчет общей себестоимости разработки.....	41
3.3.8 Расчет прибыли.....	41
3.3.9 Расчет НДС	42
3.3.10 Цена разработки НИР.....	42
3. 4 Оценка экономической эффективности проекта	42
4 Социальная ответственность	43
4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	43

4.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ	45
4.2.1 Организационные мероприятия.....	45
4.2.2 Технические мероприятия	45
4.2.3 Условия безопасной работы	47
4.3 Электробезопасность	49
4.4 Пожарная и взрывная безопасность	51
Заключение	53
Список использованных источников	54
Приложение А	59
Приложение Б.....	60
Приложение В	61

Введение

Воздействие фоновых доз радиации на человека является весьма актуальной задачей в течение двух последних столетий. Очень важным в этой связи является решение вопроса пригодности тех детекторов, в которых проводится автоматическая корректировка на температуру окружающей среды.

Для контроля радиационной обстановки населения в основном используют сцинтилляторы гамма-излучения типа БДКГ-03 и другие.

На базе Томской обсерватории радиоактивности и ионизирующих излучений проводится радиационный мониторинг в городе Томск. Изначально ТОРИИ в схеме мониторинга применяла газоразрядные счетчики в совокупности со сцинтилляционными, но по прошествии некоторого времени было замечено, что газоразрядные счетчики не выдерживают погодных условий и климата Сибири.

В связи с данной проблемой, было решено заменить газоразрядные счетчики на сцинтилляционные с использованием водонепроницаемой защиты. Однако, обнаружилась другая проблема при работе со сцинтилляционными счётчиками гамма-излучения – коррекционные данные сцинтиллятора NaI(Tl) повторяют температурные вариации в единицах измерения мкЗв/ч, при этом никак не взаимодействуя с данными в имп/с. Также производитель БДКГ-03 заложил в «начинку» прибора неправильный калибровочный коэффициент, за счет этого с ростом высоты разница показаний в имп/с и мкЗв/ч возрастает при радиационном мониторинге вертикальных слоев атмосферы. Результаты мониторинга представлены в Приложении А.

Таким образом, сложность применения сцинтилляторов при мониторинге приземной атмосферы заключается в калибровке полученных результатов и присущая зависимость от температуры.

Цель данной работы заключается в исследовании влияния температурных изменений на разные методы измерения приземного гамма-фона атмосферы.

Для выполнения данной цели были поставлены следующие задачи:

- Провести измерения БДКГ-03 гамма-излучения основанном на сцинтилляционном методе в течение длительного периода времени февраль-апрель 2019 на высоте 1 м.
- Провести измерения широкодиапазонным дозиметром ДРГ-01Т1 основанном на ионизационном методе в течение длительного периода времени февраль-апрель 2019 на высоте 1 м.
- Провести краткосрочный эксперимент предложенными выше методами с проведением двух наборов измерений в час.
- Провести сопоставления результатов эксперимента с учетом температурных изменений с использованием сцинтилляционного и ионизационного методов и сделать соответствующие выводы.

1 Методы регистрации гамма-фона атмосферы

Для решения вопроса контроля радиационной обстановки города Томск, в частности, для контроля гамма-фона атмосферы в ТОРИИ, используются два основных метода – сцинтилляционный и ионизационный. Эти методы имеют свои недостатки, как и любые другие методы, однако их простота и надежность в использовании делает их самыми распространенными в мире.

1. 1 Основы сцинтилляционного метода

Сцинтилляционные методы регистрации излучений основаны на измерении интенсивности световых вспышек, возникающих в люминесцирующих веществах при прохождении через них ионизирующих излучений [1].

Впервые метод сцинтилляции был использован в 1903 г. для визуального подсчета числа альфа-частиц с помощью прибора, названного спинтарископом (рисунок 1) Основным элементом спинтарископа является экран №1 из сернистого цинка, на котором через лупу №3 можно наблюдать отдельные сцинтилляции от альфа-частиц, излучаемых радиоактивным элементом, нанесенным на острие №2.

Было установлено, что каждая из этих сцинтилляций создается отдельной попадающей на экран альфа-частицей. Далее использовали визуальный метод регистрации для протонов альфа-частиц с энергией в несколько МэВ. Отдельные быстрые электроны регистрировать не удалось, т. к. они вызывают очень слабые сцинтилляции. Иногда при облучении электронами ZnS экрана удавалось наблюдать вспышки, они вызывались, когда на один и тот же кристалл сернистого цинка попадало одновременно достаточно большое число электронов. Фотоны гамма-излучения создавали лишь общее свечение, а

не ожидаемые вспышки. Благодаря этому, можно регистрировать альфа-частицы в присутствии интенсивного потока гамма-излучения [1].

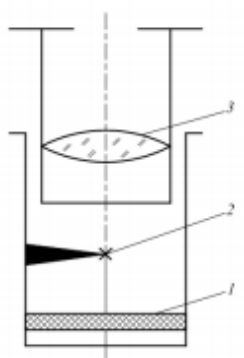


Рисунок 1– Схема спинтарископа

Стандартный сцинтиллятор состоит из детектора, который под действием какого-либо излучения испускает фотоны, образующиеся от вспышки-сцинтилляции; ФЭУ – особый вид преобразователя световой энергии в электрическую и прибора для регистрации сигнала (рисунок 2).

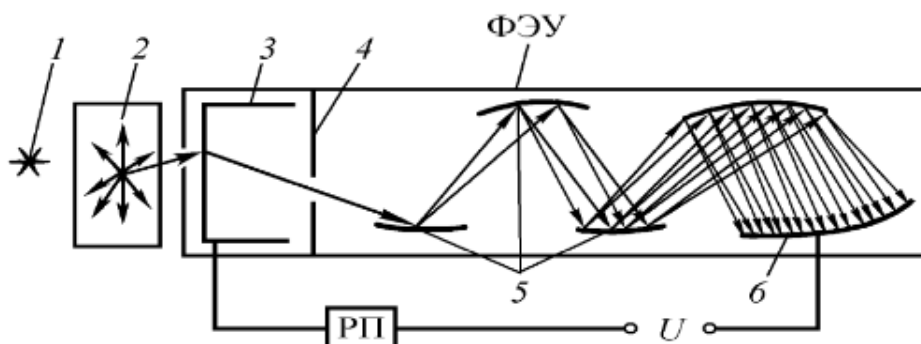


Рисунок 2 – Принципиальная схема сцинтиляционного детектора: 1 – источник ионизирующего излучения; 2 – сцинтиллятор; 3 – катод; 4 – фокусирующий электрод; 5 – эмиттеры (диноды); 6 – анод

При взаимодействии гамма-частиц с веществом сцинтиллятора происходит кратковременная вспышка – сцинтилляция, после чего образуются фотоны видимого излучения. Далее фотон попадает на фотокатод ФЭУ (№ 3) и из материала фотокатода выбиваются фотоэлектроны, которые разгоняются электрическим полем и умножаются за счет выбивания вторичных электронов

на динодах (№5). Количество электронов, пришедшие на анод определяется коэффициентом умножения ФЭУ и составляет, как правило, величину 10^5 - 10^8 .

Каждому электрону, поглощенному в сцинтилляторе, соответствует импульс тока в анодной цепи ФЭУ. Следовательно, измерению может подлежать как среднее значение анодного тока, так и число импульсов тока в единицу времени. В соответствии с этим различают токовый и счетчиковый режимы сцинтилляционного детектора.

Для целей дозиметрии устанавливают связь между анодным током или скоростью счета и мощностью поглощенной дозы в воздухе DB. Эта связь во многом определяется типом используемого сцинтиллятора.

В настоящее время в качестве сцинтиллирующего вещества применяются многие неорганические и органические кристаллы, люминесцирующие жидкости и пластмассы.

Из неорганических люминофоров наибольшее применение получили йодистые соединения щелочных металлов, активированные талием (NaI(Tl), CsJ(Tl)), сульфиды цинка и кадмия, активированные серебром или медью, также вольфраматы кальция и кадмия.

Широко применяются в сцинтилляционных счетчиках органические кристаллы антрацена, нафталина, стильбена. Из большинства исследованных жидких люминофоров наибольшей эффективностью обладают растворы р-терфенила в ксилоле или тоуоле.

Удобны в эксплуатации и твердые растворы люминесцирующих веществ в полистироле, плексигласе или других прозрачных пластмассах, которые не уступают по эффективности жидким люминофорам [2]. Пластмассовые сцинтилляторы представляют собой твердые растворы органических сцинтилляторов в полистироле, поливинил в толуоле, плексигласе и других органических полимерных веществах. В качестве примесей-активаторов используются стильбен, нафталин и др. Наиболее широкое применение пластмассовые сцинтилляторы в сочетании с

неорганическими сцинтилляторами нашли в дозиметрии гамма-излучения, а также в бета-радиометрии и спектрометрии.

Также существует отдельный класс газообразных сцинтилляторов: ксенон и другие инертные газы. Или же жидкие сцинтилляторы – раствор, как правило, некоторых органических соединений, например, паратерфенил в толуоле.

В таблице 1 представлены технические характеристики кристаллических сцинтилляторов.

В таблице 1 представлены технические характеристики кристаллических сцинтилляторов [14].

Таблица 1 – технические характеристики кристаллических сцинтилляторов

	Плотность, г/см ³	Температура измерения, °C	Конверсионная эффективность для β-частиц η, %	Время высвечи- вания τ, 10 ⁻⁶ с	Световой выход относительно NaI(Tl)	α/β	Регистрация
ZnS(Ag)	4,10	+20	28	1	1	1,5	тяжелых частиц
NaI(Tl)	3,67	+20	8,4	0,25	1	0,5	бета и гамма излучения
NaI	3,67	-188	16,8	0,05	2	>1	бета и гамма излучения
CsI(Tl)	4,51	+20	3	0,5	0,3	0,5	гамма излучения
LiI(Tl)	4,06	+20	1	1,2	0,1	1<	нейтронов
CsF	3,59	+20	0,1	0,05	0,095	0,2	гамма излучения
Антрацен	1,25	+20	6	0,27	1,00	0,1	нейтронов

1.1.1 Сцинтилляционный детектор для регистрации гамма-излучения

При использовании в качестве приемников гамма-излучения сцинтилляционных счетчиков в полной мере проявляются основные преимущества этого метода регистрации радиоактивных излучений.

Во-первых, сцинтилляционные счетчики гамма-квантов обладают высокой эффективностью регистрации гамма-излучения от естественных радиоактивных элементов. Это связано с тем, что возникающие в люминофоре при поглощении в нем гамма-квантов вспышки люминесценции могут

собираться со всей толщины прозрачного люминофора, поэтому при достаточных размерах и плотности люминофора в сочетании с его высокой прозрачностью для собственного излучения люминесценции и хорошими оптическими качествами светособирающей системы, средняя эффективность регистрации сцинтилляционного счетчиком гамма-излучения от радиевого источника может достигать 70 – 80 %.

Во-вторых, сцинтилляционные счетчики, являясь пропорциональными счетчиками, позволяют оценивать энергии воспринимаемых гамма-квантов. Так, например, в спектре излучения элементов ториевого ряда имеется интенсивная линия с энергией гамма-квантов 2,62 МэВ.

Определяя отношение жесткой компоненты гамма-излучения от исследуемой пробы к суммарному гамма-излучению или к более мягкой его компоненте, можно оценить отдельно концентрацию радия и тория в пробе.

В-третьих, на сцинтилляционных счетчиках, обладающих высокой разрешающей способностью, могут быть построены гамма-радиометры, рассчитанные на измерения в широком диапазоне воспринимаемой активности. Сцинтилляционный счетчик с кристаллом NaI(Tl) обеспечивает, например, практически беспросчетную регистрацию статистически распределенных во времени импульсов при их среднем количестве до 10 тысяч импульсов в секунду.

Существенным достоинством сцинтилляционных счетчиков гамма-квантов является их благоприятная спектральная характеристика эффективности (рисунок 3), которая выражает зависимость эффективности счетчика от энергии воспринимаемых гамма-квантами.

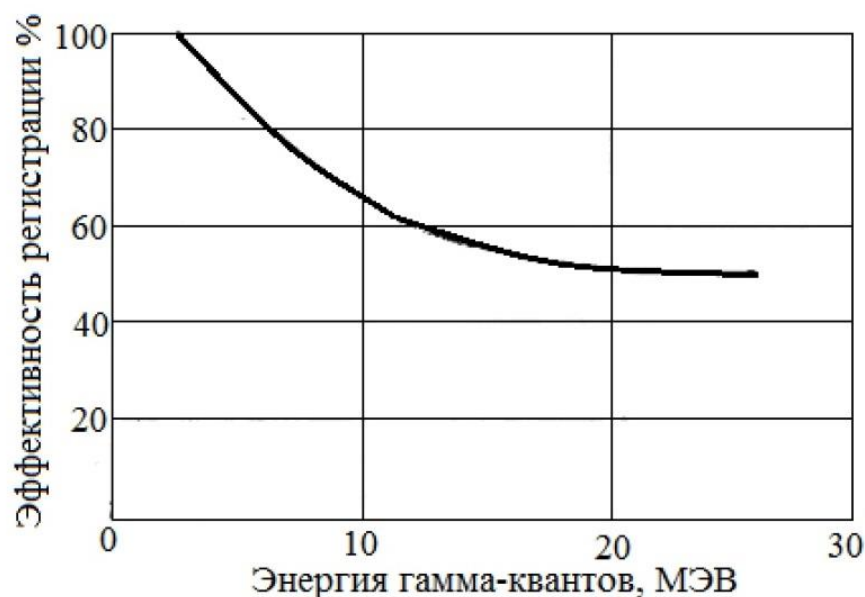


Рисунок 3 – Зависимость эффективности регистрации гамма-излучения кристаллов NaI(Tl) от энергии падающих гамма квантов (толщина 50 мм)

Из рисунка видно, что максимальная эффективность сцинтилляционного счетчика приходится на мягкую часть спектра гамма-излучения от природных радиоактивных элементов.

Наконец, немаловажным качеством сцинтилляционных счетчиков гамма-квантов является их сравнительно низкий космический фон. Поскольку эффективность сцинтилляционного счетчика к измеряемой радиации примерно на 2 порядка превышает эффективность газонаполненного счетчика, то есть соотношение между измеряемой радиацией и космическим фоном для сцинтилляционных счетчиков существенно улучшается в пользу измеряемой радиации [2].

Из неорганических сцинтилляторов наибольшее практическое применение получили кристаллы NaI(Tl). Этот сцинтиллятор отличается высоким световыходом — на образование одного фотона в нем затрачивается около 25 эВ. Спектр люминесценции хорошо согласуется со спектральной чувствительностью стандартных фотокатодов ФЭУ. Монокристалл имеет высокую прозрачность к свету собственного излучения и сравнительно прост в

изготовлении. Большим недостатком кристалла является его высокая гигроскопичность.

В комнатных условиях световыход NaI(Tl) максимален. Ниже 0 °С и выше 60 °С световыход существенно падает. Понижение температуры сопровождается ухудшением собственного разрешения монокристалла в результате возникновения неоднородности светового выхода. Отмечается, что в большей степени это проявляется с увеличением концентрации активатора, т.е. при низких температурах предпочтительна меньшая концентрация таллия. От температуры оказывается зависящим и время высвечивания сцинтиллятора. С ростом температуры оно уменьшается, сначала круто до 150 нс около 60°С, а затем более плавно до 100 нс.

Температурный коэффициент составляет (0,22 – 0,5) %/°С и зависит от образца. При резком изменении температуры возможно разрушение кристалла. Для небольшого кристалла энергетическое разрешение определяется в основном статистикой фотоэлектронов. Стандартным является измерение энергетического разрешения для фотонов с энергией 662 кэВ от радиоактивного источника ^{137}Cs . Полученное на кристалле диаметром $D = 25$ мм и высотой $H = D$ наилучшее разрешение составило 5,6 %. Обычно же разрешение составляет (6,5 – 7,0) % для кристаллов размером до $D = H = 8$ см и (7,5 – 10,0) % при больших размерах.

1.1.2 Применение сцинтилляционных детекторов для регистрации гамма-излучения

Низкая активность и высокий космический фон газонаполненных счетчиков гамма-квантов на базе которых построены большинство типов полевых гамма-радиометров определяют малую чувствительность этих приборов. Для, хотя бы частичного, устранения этого недостатка можно увеличивать инерционность приборов путем увеличения постоянной времени интегрирующего контура в схеме измерителя скорости счета.

Однако, при той скорости счета, которая обеспечивается в существующих полевых гамма-радиометрах с газонаполненными счетчиками (порядка 0,1 имп/сек на 1 мкР/час) приборы обладают сравнительно высоким порогом чувствительности, даже при постоянной времени интегрирующего контура в (15 – 20) сек.

Переход в полевой аппаратуре к сцинтилляционным счетчикам гамма-квантов позволяет резко повысить как чувствительность аппаратуры, так и производительность работы с нею. Так, например, использование в полевом приборе сцинтилляционного счетчика с кристаллом NaI(Tl) диаметром 40 мм и высотой 50 мм обеспечивает скорость счета порядка (6–8) имп/сек на 1 мкР/час.

В работах ТОРИИ на высоте 1 м от земли установлены сцинтилляторы NaI(Tl), по рисунку 4 видны показания, снятые с этого детектора за длительный период. Верхний спектр – показания этого детектора с коррекцией на текущую температуру в мкЗв/ч, нижние – показания «сырых» данных в имп/с. По рисунку 4 видно, что коррекционные данные повторяют температурные вариации, при этом никак не взаимодействуя с данными в имп/с.

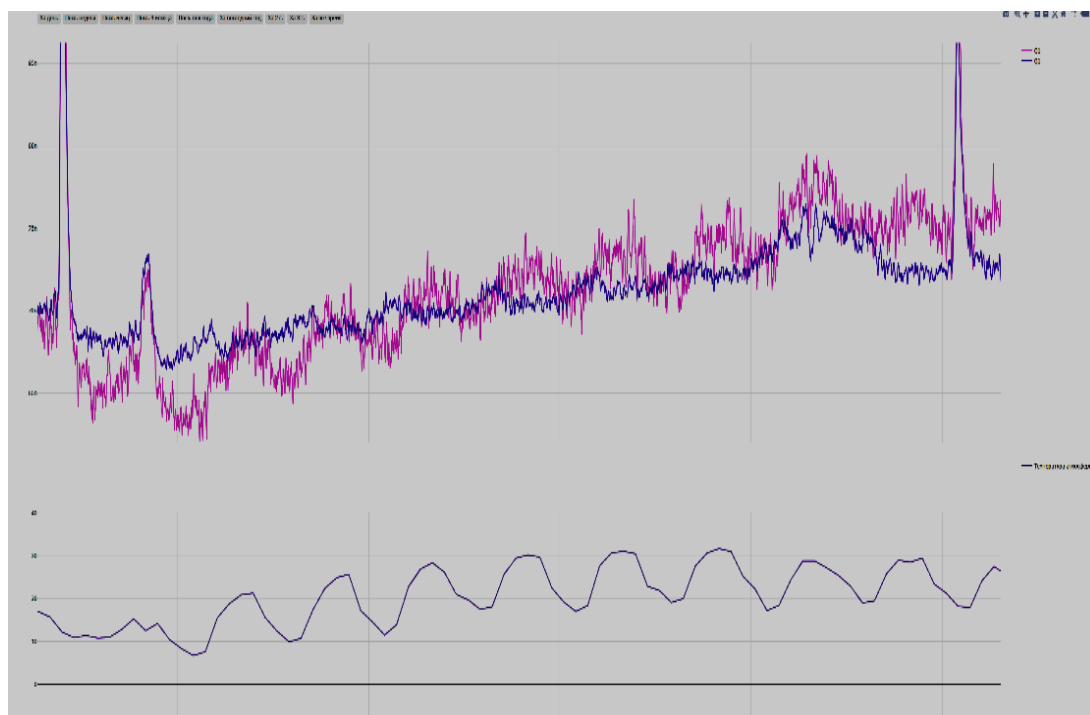


Рисунок 4 – Показания сцинтилляционного гамма-детектора в мкЗв/ч (верхнее) и в имп/с (нижнее)

1.2 Ионизационный метод измерения гамма-излучения

Ионизационные камеры относятся к разряду газовых детекторов ИИ. Под действием ИИ в газе (рабочее «тело» детектора) из нейтрально заряженных атомов или молекул образуются ионы, которые несут положительный или отрицательный заряд [21]. По своему строению данные детекторы очень просты, схема газового счетчика показана на рисунке 5.

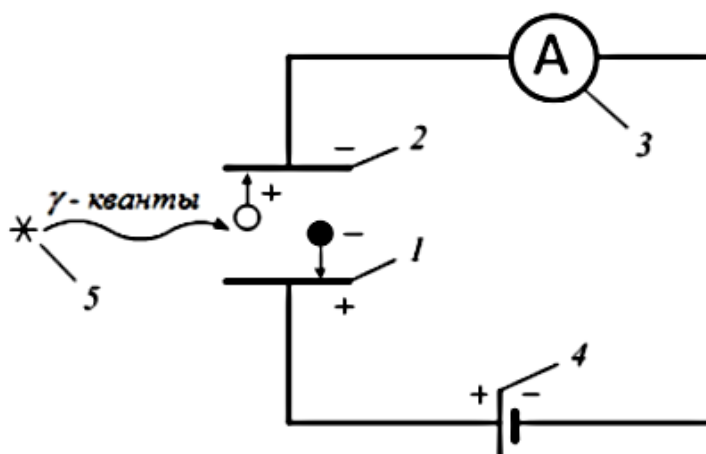


Рисунок 5 – Схема включения газового счетчика: 1 – анод; 2 – катод; 3 – гальванометр; 4 – источник напряжения смещения; 5 – источник ИИ

К обкладкам конденсатора прикладывают напряжение для того, чтобы в рабочей области детектора (как правило это инертный газ, например, гелий или аргон) напряженность электрического поля была величиной в несколько сотен Вольт/см. Когда в газ попадет ионизирующая частица, то на пути ее движения образуются ионные пары разных знаков. За счет этого получается электрическое поле, которое обеспечивает свободный дрейф зарядов к электродам противоположного им знака. Движение этих зарядов вызывает во внешней цепи компенсационный ток [1].

1.2.1 Дозиметр широкодиапазонный ДРГ-01Т1

Дозиметр широкодиапазонный ДРГ-01Т1 предназначен для измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения. Данный вид дозиметра относится к ионизационному методу регистрации ИИ. На рисунке 6 представлен внешний вид данного дозиметра.



Рисунок 6 – Внешний вид широкодиапазонного дозиметра ДРГ-01Т1

Принцип работы ДРГ-01Т1 основывается на регистрации импульсов тока, который возникает при прохождении фотонов через газоразрядный счетчик. Импульсы тока, проходя через входной каскад преобразуются в импульсы напряжения с амплитудой, необходимой для их регистрации. Далее эти импульсы через делитель частоты (ДЧ) поступают на четырехразрядный счетчик. Накопленная информация за цикл измерения на счетчике поступает на индикатор через дешифратор, преобразующий двоично-десятичную информацию счетчика в код индикатора [15].

Время измерения задается регулируемым генератором опорных частот. За время измерения производится масштабирование входной информации с детекторов в абсолютное значение выходного параметра (мР/ч, Р/ч) [16].

2 Описание эксперимента

Для решения вопроса пригодности сцинтилляционного метода для анализа фоновых доз облучения необходимо провести сравнение результатов измерения сцинтилляционного и ионизационного методов. Выявленная ранее проблема с зависимостью показаний сцинтилляционного детектора БДКГ-03 (Атомтех, Республика Беларусь) гамма-излучения от погодных условий, и неправильная калибровка приборов ставит под сомнение снятые с этого прибора данные. Для проверки был выбран широкодиапазонный дозиметр ДРГ-01Т1, т.к. принцип его действия основан на ионизационном методе.

2.1 Атомтех, Республика Беларусь

Компания Атомтех является дочерним предприятием научно-исследовательского Минского приборостроительного института. Предприятие образовалось в 1995 году и сейчас является научно-производственным унитарным предприятием – ведущим научно-исследовательским производственным центром Республики Беларусь, а также входит в число мировых лидеров в области разработки и производства оборудования для радиационного контроля и ядерных измерений.

Продукция Атомтех – производится специалистами с опытом работы в сфере ядерного приборостроения, приобретенным в Минском научно-исследовательском приборостроительном институте. Данная продукция востребована в таких сферах как:

- медицина;
- атомная энергетика;
- мониторинг окружающей среды;
- научные исследования.

Выпускаемая продукция пользуется спросом в восьмидесяти странах мира и насчитывает более ста наименований изделий ядерного приборостроения.

Атомтех имеет собственную метрологическую высокоточную и многофункциональную базу, также эта компания ориентирована на международные стандарты, что позволяет создавать приборы, отвечающие современным требованиям.

2.2 Аппаратура радиационного контроля на основе сцинтилляционного детектора NaI

В данной работе используется блок детектирования гамма-излучения БДКГ-03 (в Приложении Г представлен его сборочный чертеж). Данный детектор предназначен для поиска и быстрого обнаружения, локализации источников гамма-излучения с чувствительностью по ^{137}Cs 350 (имп/с)/(мкЗв/ч). Области применения БДКГ-03 включают:

- радиационный контроль окружающей среды, территорий, объектов, сырья и материалов;
- контроль неоднородности загрязнений;
- дозиметрический и радиометрический контроль на промышленных предприятиях;
- поиск, обнаружение и локализация ИИИ.

БДКГ-03 обладает высокой чувствительностью и эффективностью регистрации (диапазон энергии 50 кэВ – 3 МэВ). Интеллектуальный блок детектирования гамма-излучения БДКГ-03 может входить в комплект поставки дозиметра-радиометра МКС-АТ1117М, а также работать автономно в реальном режиме времени путем подключения через кабель к ПЭВМ. Одним из достоинств прибора является быстрая адаптация к измерению радиационного фона. Некоторые технические характеристики сцинтилляционного блока БДКГ-03 представлены далее в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики БДКГ-03

Характеристика	Значение
Габариты, мм	Ø 60x295
Масса, кг	0,6
Детектор NaI(Tl), мм	Ø 25x40
Диапазон рабочих температур, °C	- 30 - + 50
Чувствительность по ^{137}Cs , имп·с ⁻¹ /мкЗв·ч ⁻¹	350
Относительная влажность воздуха при температуре 35°C, %	Не более 98

2.3 Описание долгосрочного эксперимента

В течение длительного времени (февраль-апрель 2019г) сцинтиллятор БДКГ-03 находился на площадке ТОРИИ на высоте в 1 м (стационарно) и выполнял задачу мониторинга фоновое гамма-излучения. С помощью ДРГ-01Т1 производились измерения с частотой 1 раз/нед., непосредственно, также на высоте 1 м в этот период времени. Полученные данные представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Данные с дозиметра ДРГ-01Т1 за февраль-апрель 2019г

№ п.п.	9.02	17.02	24.02	03.03	10.03	17.03	24.03	31.03	06.04	15.04	21.04	26.04
	Измерение дозы, мкР/ч											
1	9	8	10	11	5	9	8	12	8	7	8	6
2	10	11	8	8	10	7	6	5	12	13	11	7
3	9	9	9	9	8	12	5	12	14	11	6	12
4	9	7	7	9	7	6	9	11	10	10	7	6
5	6	9	7	8	8	12	8	11	9	13	9	12
6	11	6	9	4	8	8	7	9	8	15	6	8
7	8	7	6	11	9	5	10	12	12	10	8	5
8	9	5	5	8	6	6	10	10	7	15	5	13
9	9	7	8	8	6	7	11	8	11	13	7	7
10	9	7	7	7	8	9	9	13	11	9	7	9
11	7	9	8	10	6	9	7	14	9	10	9	9
12	5	7	10	4	9	7	9	8	10	12	7	7
13	6	7	7	8	7	5	12	7	14	13	7	5
14	6	9	9	9	4	9	8	14	9	10	9	9
15	8	8	7	12	6	7	9	12	13	7	8	11
16	8	5	8	10	9	8	6	10	11	13	4	8
17	9	4	8	11	6	10	7	11	7	15	4	16
18	8	5	8	10	9	8	6	10	12	10	5	8
19	8	8	7	13	8	10	9	11	13	10	8	5
20	10	7	8	7	6	9	8	8	9	9	11	9

Далее с учетом абсолютной погрешности, можно представить результаты измерения с помощью дозиметра.

Таблица 4 – Результат измерения ДРГ-01Т1

Дата	Значение дозы, мкР/ч	Температура, °С
9.02	8,25± 1,20	-30
17.02	7,40± 1,22	-4
24.02	7,75 ± 1,12	-4
03.03	8,70 ± 1,45	+2
10.03	7,25 ± 1,21	+3
17.03	8,05 ± 1,35	+6
24.03	8,40 ±1,26	+3
31.03	10,30 ±1,48	+5
06.04	10,50±1,51	-3
15.04	11,25±1,64	+2
21.04	10,90±1,53	+1
26.04	11,35±1,69	+7

Сцинтиллятор гамма-излучения записывает результаты как в ипс/с, так и в Зв/ч. Прибор БДКГ-03 является аттестованным и поверенным, однако, если наложить на его показания результаты измерения, выполненные в тех же условиях, но ионизационным методом, то они располагаются выше (Приложение Б). Все это говорит о том, что показания сцинтилляторов сильно занижены и могут не передавать реальную картину радиационного фона.

Также в Приложении Б проиллюстрированы вариации температуры и осадков, полученные с помощью «Архив Погоды» за период февраль-апрель 2019 [18].

Не мало важной проблемой является зависимость показаний от высоты измерения. В Приложении А показан график мониторинга за 2017-2018 гг. По рисунку видно, что калибровка происходила в теплое время на высоте в 1 м, но на высоте в 25 м наблюдаются сильные расхождения значений, что говорит о том, что производитель не учитывал распределение дозовой нагрузки от высоты. Также присущая зависимость от температуры говорит о том, что заложенный в программное обеспечение калибровочный коэффициент не учитывает температурные вариации атмосферы.

Для лучшего понимания данной зависимости необходимо было провести краткосрочный мониторинг с явными температурными перепадами день/ночь.

2.4 Краткосрочный эксперимент

На первом этапе было проведено планирование краткосрочного эксперимента, опираясь на опыт двухлетнего мониторинга из Приложения А. Необходимо было выбрать день наиболее подходящий по следующим параметрам:

- температурные вариации день/ночь – максимальны;
- количество выпавших осадков – минимально.

Анализируя прогноз погоды было принято решение выбрать 17-18 мая, т.к. эти сутки отвечали всем критериям указанным выше.

Измерения проводились два раза в час сериями. Каждая серия состояла из двадцати последовательных измерений широкодиапазонным дозиметром ДРГ-01Т1 на высоте 1 м. На рисунке 7 представлен график мониторинга 17-18 мая.

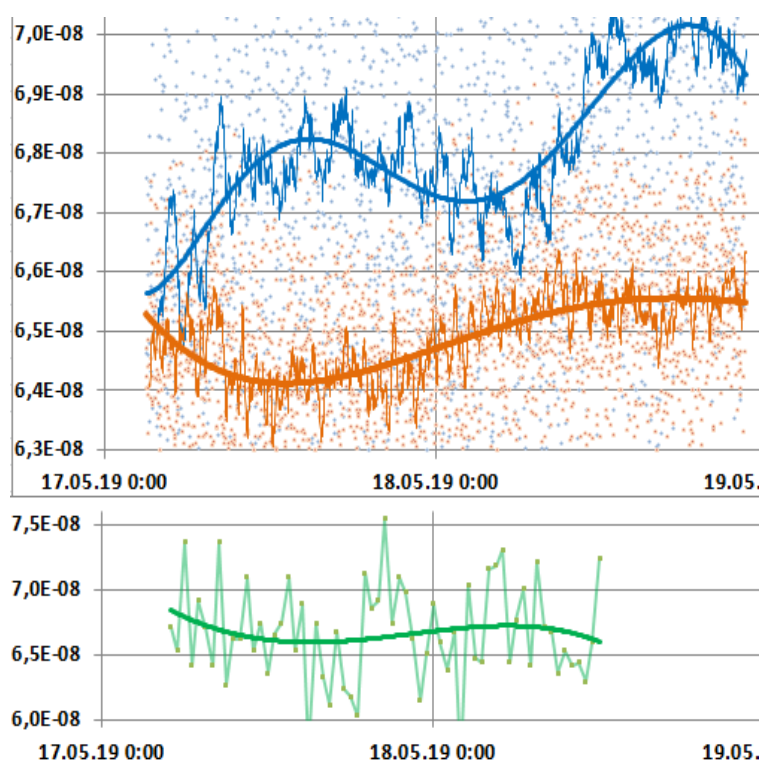


Рисунок 7 – Результат краткосрочного эксперимента 17-18 мая, где синим обозначены данные с БДКГ в Зв/ч, оранжевым – данные с БДКГ в имп/с, зеленым – данные с ДРГ-01Т1, Зв/ч

Для проведения анализа необходимо сопоставить данные графики с графиком температурных вариаций за выбранный период времени. На рисунке 8 представлен график соответствия температуры с проведёнными измерениями.

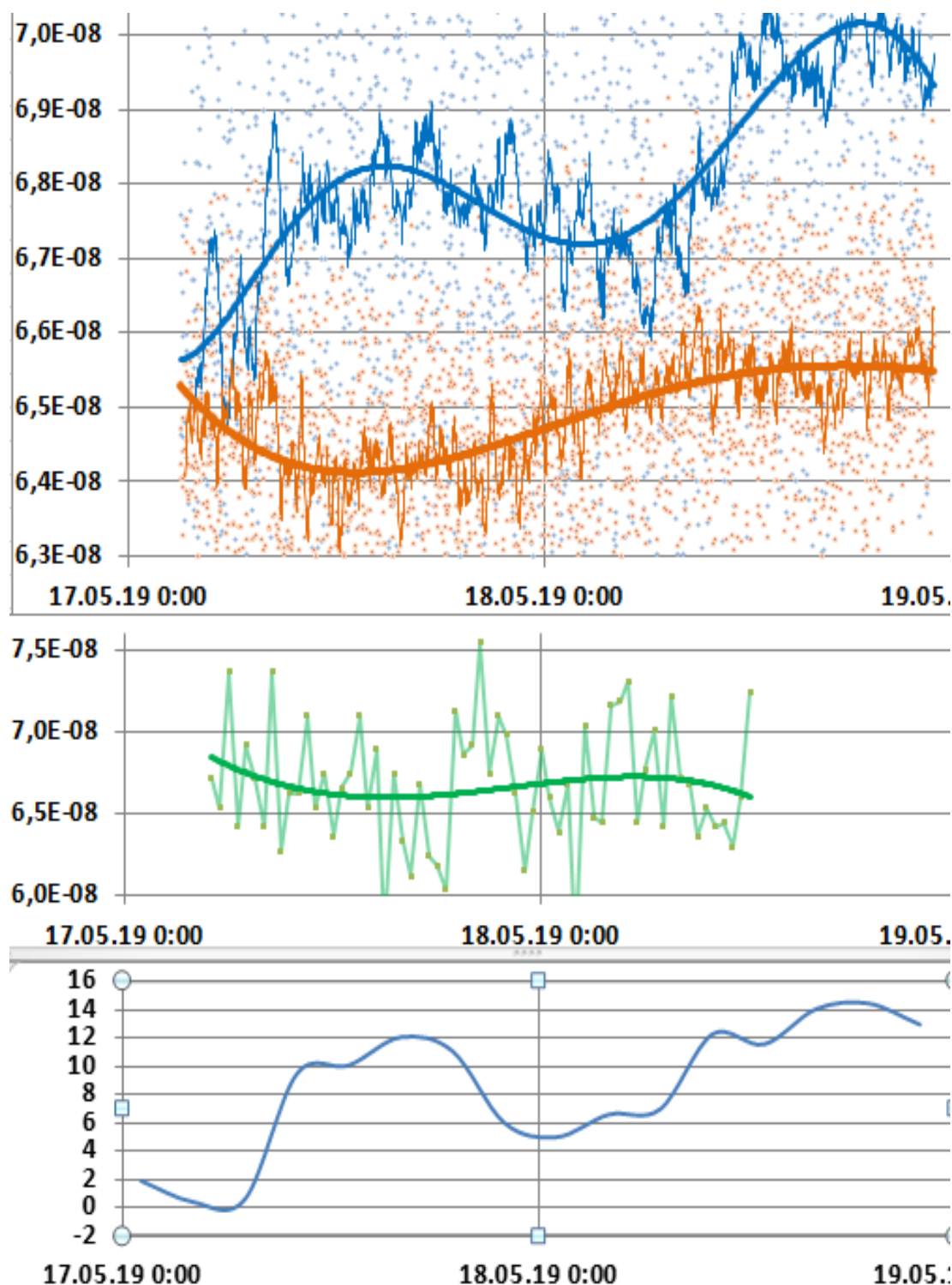


Рисунок 8 – График соответствия температуры с проведёнными измерениями

Из проведенного краткосрочного эксперимента приземного гамма-фона атмосферы можно сделать следующий вывод – производитель БДКГ-03 заложил в алгоритм прибора калибровочный коэффициент, приводящий к неверным выводам относительно суточных вариаций гамма-фона. Этот коэффициент не корректно учитывает температурные вариации и напрямую зависит от них, что говорит о необходимости проверки калибровочного коэффициента прибора и его доработке.

Следовательно, можно сказать, что произведена оценка применимости детекторов типа БДКГ-03, как детекторов, в которых проводится автоматическая корректировка на температуру окружающей среды для исследования фоновых изменений мощности дозы гамма-излучения, связанных с влиянием погодных условий.

3 Финансовый менеджмент

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на исследование (проект), а также дать приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения.

3.1 Организация и планирование работ

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Наглядным результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Для его построения хронологически упорядоченные вышеуказанные данные представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Основные этапы	№ Работы	Содержание работ	Должность исполнителей, Загрузка исполнителей
Разработка технического задания на НИР	1	Составление и утверждение технического задания	НР– 100%
	2	Календарное планирование работ по теме	НР-100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	3	Определение целесообразности проведения НИР	НР – 30% И – 100%
	4	Подбор и изучение материалов по теме	И – 100%
	5	Ознакомиться с работой ТОРИИ, мониторингом альфа-фона атмосферы.	И– 100%
Проведение эксперимента	6	измерение гамма-излучения сцинтиллятором БДКГ-03 на высоте 1 м.	НР– 50 % И – 50%
	7	измерение дозиметром ДРГ-01Т1 на высоте 1 м.	И– 100%
Анализ полученных результатов	8	сопоставления результатов эксперимента основанных на разных методиках измерения с учетом температурных изменений	НР – 30% И – 100%
	9	Графическое построение зависимости на основе полученных данных	И – 100%
	10	Подведение итогов НИР	НР – 30% И – 100%
Оформление НИР	11	Оформление расчетно-пояснительной Записки	И – 100%
	12	Оформление графического материала	И – 100%

3.2 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов. Так как исполнитель работы зачастую не располагает соответствующими нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и около нулевыми затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исполнителя ВКР не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой ВКР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов.

Экспертный способ используется при отсутствии вышеуказанных информационных ресурсов и предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области. Для определения вероятных значений продолжительности работ $t_{ОЖ}$ применяется по усмотрению исполнителя одна из двух формул.

$$t_{ОЖ} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5}, \quad (3.1.1.1)$$

$$t_{ОЖ} = \frac{t_{\min} + 4t_{\text{prob}} + t_{\max}}{6}. \quad (3.1.1.2)$$

где $t_{\min}$ – минимальная продолжительность работы, дн.;

$t_{\max}$ – максимальная продолжительность работы, дн.;

t_{prob} – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Вторая формула дает более надежные оценки, но предполагает большую «нагрузку» на экспертов.

Для выполнения перечисленных в таблице 5 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель ВКР;
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни.

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях:

$$T_{\text{РД}} = \frac{t_{\text{ОЖ}}}{K_{\text{ВН}}} \cdot K_{\text{Д}} \quad (3.1.1.3)$$

где $K_{\text{ВН}}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей;

$K_{\text{Д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{\text{К}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}} \quad (3.1.1.4)$$

где $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни;

$T_{\text{ВД}}$ – выходные дни;

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни.

При $T_{\text{КАЛ}} = 365$, $T_{\text{ВД}} = 52$, $T_{\text{ПД}} = 10$.

В Приложении В представлена таблица определения исходной продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах (3 – 5) реализован экспертный способ по формуле 3.1.1.1. Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоемкости этапа для каждого из двух участников проекта, научного руководителя и инженера, с учетом коэффициента $K_{\text{Д}} = 1,2$.

Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение $t_{\text{ож}} \cdot K_{\text{д}}$. Столбцы 8 и 9 – трудоемкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на $T_{\text{к}}=1,212$. Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 8 и 9 – общие трудоемкости для каждого из участников проекта. Величины трудоемкости этапов по исполнителям $T_{\text{кд}}$, данные столбцов 8 и 9 кроме итогов, позволяют построить линейный график осуществления проекта, представленного во второй таблице Приложения В.

3.3 Расчет сметы на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

3.3.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых

непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно.

Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5 – 20 %. Исполнитель работы самостоятельно выбирает их величину в границах, представленных в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	250	1 уп.	250
Картридж для принтера	2000	1 шт.	2000
Итого:			2250

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР:

$$C_{mat} = 2250 \cdot 1,05 = 2362,50 \text{ руб}$$

3.3.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, в его роли выступает исполнитель проекта, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины

месячного оклада исполнителя. Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{25,083}, \quad (3.1.4.1)$$

где 25,083 – среднее количество рабочих дней в месяце при шестидневной рабочей неделе.

Пример расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 7. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из Приложения В. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{пр}} = 1,1$; $K_{\text{доп.зп}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку необходимо первую умножить на интегральный коэффициент:

$$K_{\text{и}} = K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{доп.зп}} \cdot K_{\text{р}}, \quad (3.1.4.2)$$

$$K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,62.$$

В таблице 7 представлены данные расчета фонда заработной платы.

Таблица 7– Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	47104,00	1877,92	30	1,699	95717,58
С	15 470	616,75	69	1,62	68940,32
Итого:					164657,90

3.3.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту:

$$C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3; \quad (3.1.5.1)$$

$$C_{\text{соц}} = 164657,90 \cdot 0,3 = 49397,37 \text{ руб.}$$

3.3.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает затраты на электроэнергию, на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}}, \quad (3.1.6.1)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$C_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $C_{\text{э}} = 5,748$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных Приложения В для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (3.1.6.2)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно.

В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} \cdot K_c, \quad (3.1.6.3)$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_c \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности.

Для технологического оборудования малой мощности $K_c = 1$.

Расчет затрат на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{об}}$, руб.
Персональный компьютер	550,88*0,11	0,30	104,49
Струйный принтер	2	0,1	1,15
Итого:			105,64

3.3.5 Расчет амортизационных расходов

В данной статье представлен расчёт амортизации используемого оборудования за время выполнения проекта по следующей формуле:

$$C_{\text{ам}} = \frac{H_{\text{А}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{об}} \cdot n}{F_{\text{д}}}, \quad (3.1.7.1)$$

где $H_{\text{А}}$ – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{об}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году;

$t_{\text{об}}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Например, для ПК в 2019 г., при 298 рабочих днях и 8-ми часовом рабочем дне, $F_{\text{д}}$ равен:

$$F_{\text{д}} = 298 \cdot 8 = 2384.$$

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

$H_{\text{А}}$ определяется как величина обратная $С_{\text{А}}$, в данном случае это:

$$H_{\text{А}} = \frac{1}{2,5} = 0,4$$

Зная значения всех коэффициентов, можно рассчитать:

$$C_{\text{ам}} = 0,4 \cdot 60 \cdot 60000 \cdot \frac{1}{2384} = 604,03 \text{ руб.}$$

3.3.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1$$

Для нашего примера это:

$$C_{\text{проч}} = (2362,50 + 164657,86 + 49397,37 + 105,64 + 604,03) \cdot 0,1 = 21712,74 \text{ руб.}$$

3.3.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость ВКР (таблица 9).

Таблица 9 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Расходы на материалы	$C_{\text{мат}}$	2362,50
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	164657,86
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	49397,37
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	105,64
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	604,03
Прочие Расходы	$C_{\text{проч}}$	21712,74
Итого:		238840,18

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 238840,18$ руб.

3.3.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере $5 \div 20 \%$ от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 47768,04 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

3.3.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(238840,18 + 47768,04) \cdot 0,2 = 57321,64$ руб.

3.3.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае:

$$C_{\text{нир}(KP)} = 238840,18 + 47768,04 + 57321,64 = 343929,85 \text{ руб.}$$

3. 4 Оценка экономической эффективности проекта

Таким образом, в силу характера полученного результата, оценка экономической эффективности в рамках данной работы невозможна, так как предполагается проведение дополнительного серьезного исследования.

Заключение

Анализ данных контроля радиационной обстановки за два года позволил выявить следующее:

- Обнаружена нелинейность в пересчете отклика детектора в измеряемую величину
- Калибровочный коэффициент БДКГ-03 не учитывает распределение дозовой нагрузки от высоты, поэтому разница показаний в имп/с и мкЗв/ч с ростом высоты возрастает при радиационном мониторинге вертикальных слоев атмосферы.

Результаты краткосрочного эксперимента отражают следующее:

- Калибровка БДКГ-03 сбивается с изменением температуры, т.к. калибровочный коэффициент производителя учитывает не корректно температурные вариации. Это означает, что сцинтилляционный детектор БДКГ-03 непригоден для мониторинга гамма-фона атмосферы.

Получается, что для улучшения сцинтилляционного метода необходимо производить калибровку всех используемых сцинтилляторов на высоте в 1 м от земли в разное время года и суток при различных метеоусловиях, с использованием как минимум двух методик измерения, для верного выбора эталона. Так как полученные результаты от сцинтиллятора сильно занижены, то это приводит к выводу, что проводимый мониторинг не отражает реальную радиационную обстановку приземных слоев атмосферы.

Список использованных источников

1 Бойко В. И. [и др.]. Методы и приборы для измерения ядерных и других радиоактивных материалов: учебное пособие/ под ред. В. И. Бойко, М. Е. Силаева. – Москва: Изд-во МНТЦ, 2011. – 356 с.: ил. – Образовательная программа в области физической ядерной безопасности. – Библиогр.: с. 356.

2 Якубович, А. Л.. Сцинтилляционная радиометрическая аппаратура и возможности ее применения для геологических поисков и разведки / А. Л. Якубович. – Москва: Углетехиздат, 1958. – 56 с.: ил.. – Библиогр.: с. 55.

3 Аппаратура для регистрации и исследования ионизирующих излучений: Справочник / И. М. Егоров, В. С. Жернов, А. Ф. Лазарев и др.. – Москва: Атомиздат, 1965. – 430 с.: ил.. – Библиогр.: с. 421-423.

4 Письма в ЖТФ: Новый тип сцинтилляционных детекторов тепловых нейтронов на основе ZnS(Ag)/LiF и лавинных фотодиодов [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <https://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/42293>, свободный – заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения 20.11.18.

5 Обзор отечественных радиометрических и спектрометрических систем, которые могут быть использованы для целей учета и контроля ядерных материалов [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <http://www.vniia.ru/rgamo/literat/obzor/doc/obzorr.pdf>, свободный – заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения 24.11.18.

6 Яковлева, Валентина Станиславовна. Развитие технологии радиационного мониторинга в городской среде = The development of radiation monitoring technology for urban environment [Электронный ресурс] / В. С. Яковлева, П. М. Нагорский // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки / Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга . – 2015 . – № 10 . – [С. 65-71] .

7 Голубев, Борис Павлович. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений / Б. П. Голубев; под ред. Е. Л. Столяровой. – Москва; Ленинград: Энергоиздат, 1963. – 336 с.: ил.. – Библиография: с. 316-320.

8 Михайлов, Михаил Михайлович. Влияние гранулометрического состава на оптические свойства порошков на основе ZnS / М. М. Михайлов, В. М. Владимиров, В. А. Власов // Известия вузов. Физика / Министерство общего и профессионального образования Российской Федерации; Томский Госуниверситет. – 1999 . – Т. 42, № 7 . – С. 92-95 .

9 Чернявский, Б. Г.. Влияние освещения на электролюминесценцию монокристаллов ZnS / Б. Г. Чернявский // Известия высших учебных заведений. Физика. – 1967 . – № 5 . – С. 149-150.

10 Вестник науки Сибири: Обзор детекторов гамма-излучения для контроля положения ствола горизонтальной скважины [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/16367/1/468.pdf>, свободный – заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения 27.11.18.

11 Болоздыня, Александр Иванович. Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы и применения: учебное пособие / А. И. Болоздыня, И. М. Ободовский. – Долгопрудный: Интеллект, 2012. – 204 с.: ил. – Библиогр.: с. 202-204.

12 Абрамов, Александр Иванович. Основы экспериментальных методов ядерной физики: учебное пособие/ А. И. Абрамов, Ю. А. Казанский, Е. С. Матусевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1985. – 488 с.

13 Ляпидевский, Виктор Константинович. Методы детектирования излучений: учебное пособие для вузов / В. К. Ляпидевский. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 408 с.: ил. – Библиогр.: с. 397-398. – Предм. указ.: с. 399-402.

14 Сборник научных трудов... / Всесоюзный научно-исследовательский институт монокристаллов, сцинтилляционных материалов и особо чистых химических веществ ; Отв. ред.: Э.Ф.Чайковский . – Харьков : [Б.и.], 1977-1989. – Библиогр. в конце ст.

15 Дозиметр-радиометр МКС-15Д «Снегирь, руководство по эксплуатации ФВКМ.412152.005РЭ [Электронный ресурс] – Режим доступа

URL: <http://ntcpoisk.ru/f/dozimetr.pdf0>, свободный – заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения 27.03.19.

16 Дозиметрия и радиационные процессы в дозиметрических системах: сборник статей / Академия наук Узбекской ССР АН УзССР, Институт ядерной физики ИЯФ; под ред. И. М. Блаунштейна. – Ташкент: Фан, 1972. – 235 с.: ил. – Библиогр. в конце ст.

17 Яковлева В. С., Нагорский П. М., Черепнев М. С., “Формирование α -, β - и γ -полей приземной атмосферы природными атмосферными радионуклидами”, Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки, 2014, № 18, 86–96.

18 Расписание погоды и метеорологических условий [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <https://rp5.ru/АрхивпогодыВТомске>, свободный – заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения 21.03.19.

19 Ядерные измерительно - информационные технологии ежеквартальный журнал: – М.: Изд. дом "Технологии" , 2004-№ 2 – 2006.

20 Экспериментальные методы ядерной физики высоких и низких энергий: [сборник статей] / Московский инженерно-физический институт МИФИ; под ред. В. М. Колобашкина. – Москва: Энергоиздат, 1982. – 83 с.: ил. – Библиография в конце статей.

21 Иванов, Виктор Иванович. Дозиметрия ионизирующих излучений: учебное пособие / В. И. Иванов. – Москва: Атомиздат, 1964. – 264 с.: ил. – Библиогр.: с. 257-260.

22 Ядерные измерительно-информационные технологии ежеквартальный журнал.: – М.: Изд. дом "Технологии" , 2004-№ 2 . – 2006.

23 Вартанов, Николай Александрович. Прикладная сцинтилляционная гамма-спектрометрия / Н. А. Вартанов, П. С. Самойлов; Под ред. В. В. Матвеева. – 2-е изд., доп.. – Москва: Атомиздат, 1975. – 406 с.

24 Детекторы ионизирующих излучений. Сцинтилляционные. Методы измерений сцинтилляционных параметров. – Изд. офиц.. – Москва: Изд-во стандартов, 1979. – 39 с.

25 ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru>, свободный – заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения 14.04.2019.

26 Федеральный закон «Об основах охраны труда в Российской Федерации» от 17.07.99 №181 - ФЗ.

27 ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru>, свободный – заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения 17.04.2019.

28 СанПин 2.6.1.2523-09 Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русский. Дата обращения 13.04.2019.

29 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русский. Дата обращения 13.04.2019.

30 ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русский. Дата обращения 13.04.2019.

31 Головкин, В. А.. Диагностика и прогноз динамики пространственных изменений поля уходящего длинноволнового излучения Земли / В. А. Головкин // Исследование Земли из космоса научный журнал: / Российская академия наук (РАН). – 2004. – № 5. – С. 3-14 .

32 Семенченко, Борис Александрович. Физическая метеорология: учебник / Б. А. Семенченко. – Москва: Аспект Пресс, 2002. – 415 с.

33 Гупало, Татьяна Александровна. Контроль радиационной безопасности окружающей среды : учебное пособие/ Т. А. Гупало, С. Л.

Спешилов; Московский государственный горный университет. – Москва: Изд-во Московского гос. горного ун-та, 2002. – 111 с.

34 Гусельников, Михаил Эдуардович. Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг: учебное пособие/ М. Э. Гусельников, Ю. В. Бородин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 176 с.

35 Гусев, Николай Григорьевич. Радиоактивные изотопы как гамма-излучатели/ Н. Г. Гусев, В. П. Машкович, Б. В. Вербицкий. – Москва: Атомиздат, 1964. — 278 с.

Приложение А

Мониторинг радиационного фона за 2017-2018

(Обязательное)

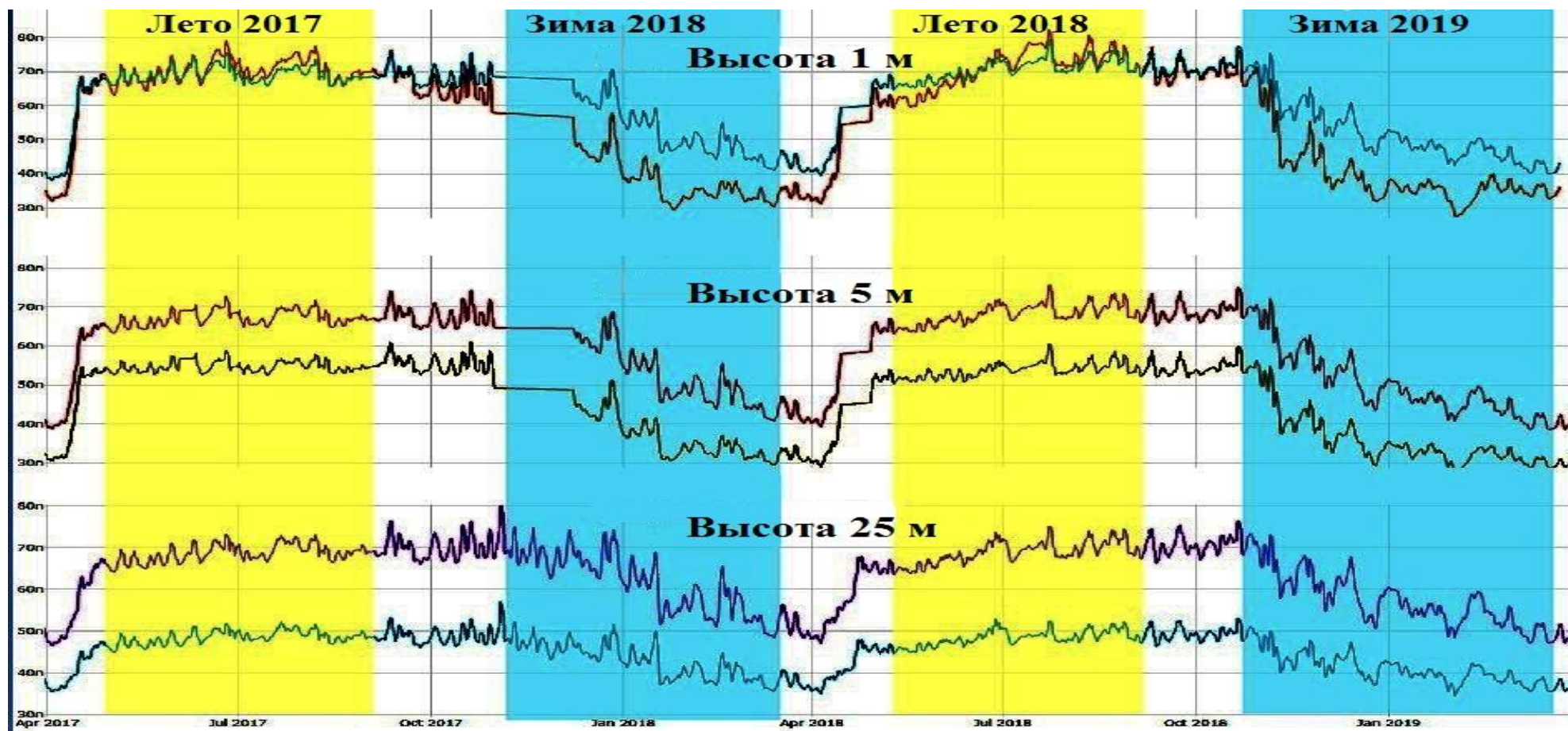


Рисунок Б.1 – Распределение гамма-фона на разных высотах за 2017-2019

Приложение Б

Результаты измерения БДКГ-03 и ДРГ-01Т1 за февраль-апрель 2019
(Обязательное)

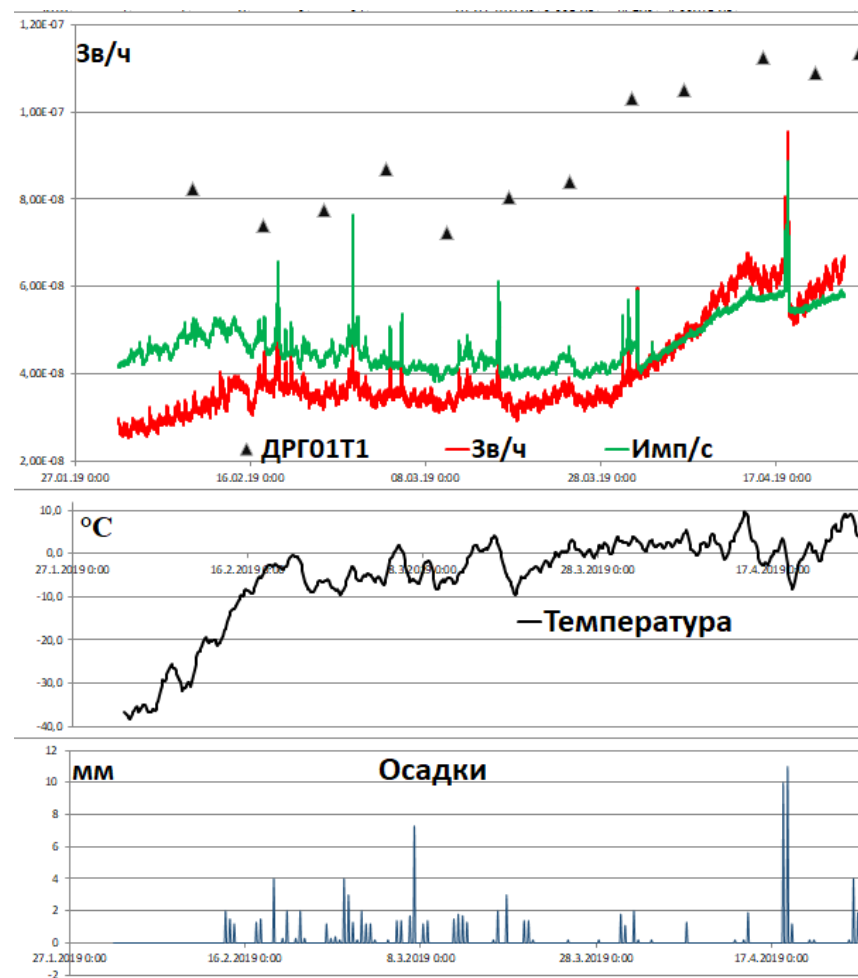


Рисунок Б.1 – Результаты измерения БДКГ-03 и ДРГ-01Т1 за февраль-апрель 2019

Приложение В
Трудозатраты на выполнение проект
(Обязательное)

Таблица В.1 – Трудозатраты на выполнение проект

	Исполнит	Продолжительность работ			Трудоемкость			
					Трд		Ткд	
1	2	tmin	tmax	тож	НР	С	НР	С
Составление и утверждение технического задания	НР– 100%	2	5	3,2	3,84		4,65	–
Календарное планирование работ по теме	НР-100% И – 10%	1	3	1,8	2,16	0,216	2,61	0,26
Определение целесообразности проведения НИР	НР – 30% И – 100%	1	2	1,4	0,504	1,68	0,61	2,03
Подбор и изучение материалов по теме	И – 100%	15	20	17	0	20,4	–	24,68
Ознакомиться с работой ТОРИИ, мониторингом альфа-фона атмосферы.	И– 100%	1	2	1,4	0	1,68	–	2,03
Проведение эксперимента	НР– 50 % И – 50%	30	40	34	20,4	20,4	24,68	24,68
сопоставления результатов эксперимента основанных на разных методиках измерения с учетом температурных изменений	НР – 30% И – 100%	3	8	5	1,8	6	2,18	7,26
Графическое построение зависимости на основе полученных данных	И – 100%	2	3	2,4		2,88	–	3,48
Подведение итогов НИР	НР – 30% И – 100%	3	5	3,8	1,368	4,56	1,66	5,52
Оформление расчетно-пояснительной записки	И – 100%	5	7	5,8	0	6,96	–	8,42
Оформление графического материала	И – 100%	3	4	3,4	0	4,08	–	4,94
Итого		66	99	79,2	30,072	68,86	36,39	83,32

Таблица В.2– Линейный график работ (90.3)

Этап	НР	И	Февраль			Март			Апрель			Май
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	4,65											
2	2,61	0,26										
3	0,61	2,03										
4		24,68										
5		2,03										
6	24,68	24,68										
7	2,18	7,26										
8		3,48										
9	1,66	5,52										
10		8,42										
11		4,94										

