

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

---

Институт Физико-технический  
Направление подготовки 14.04.02 Ядерные физика и технологии  
Кафедра Прикладной физики

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Исследование влияния снежного покрова на изменение атмосферного бета- и гамма-фона. УДК <u>577.346:574:551.578.46</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ4А	Степаненко Александра Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ПФ НИ ТПУ	Яковлева В.С.	Д.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН ИСГТ	Верховская М.В.	к.Экон.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ПФ ФТИ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПФ	Вагнер А.Р.	к.ф.-м.н.		

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P1	Применять глубокие, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для теоретических и экспериментальных исследований в области использования ядерной энергии, ядерных материалов, систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов, технологий радиационной безопасности, медицинской физики и ядерной медицины, изотопных технологий и материалов в профессиональной деятельности.
P2	Ставить и решать инновационные инженерно-физические задачи, реализовывать проекты в области использования ядерной энергии, ядерных материалов, систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов, технологий радиационной безопасности, медицинской физики и ядерной медицины, изотопных технологий и материалов.
P3	Создавать теоретические, физические и математические модели, описывающие конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие ионизирующих излучений с веществом и живой материей, физику кинетических явлений, процессы в реакторах, ускорителях, процессы и механизмы переноса радиоактивности в окружающей среде.
P4	Разрабатывать новые алгоритмы и методы: расчета современных физических установок и устройств; исследования изотопных технологий и материалов; измерения характеристик полей ионизирующих излучений; оценки количественных характеристик ядерных материалов; измерения радиоактивности объектов окружающей среды; исследований в радиозоологии, медицинской физике и ядерной медицине.
P5	Оценивать перспективы развития ядерной отрасли, медицины, анализировать радиационные риски и сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать меры по снижению рисков и обеспечению ядерной и радиационной безопасности руководствуясь законами и нормативными документами, составлять экспертное заключение.
P6	Проектировать и организовывать инновационный бизнес, разрабатывать и внедрять новые виды продукции и технологий, формировать эффективную стратегию и активную политику риск-менеджмента на предприятии, применять методы оценки качества и результативности труда персонала, применять знание основных положений патентного законодательства и авторского права Российской Федерации.
<b><i>Общекультурные компетенции</i></b>	
P7	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

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

---

Институт: Физико-технический

Направление подготовки: (специальность): 14.04.02 Ядерная физика и технологии

Кафедра: Прикладной физики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
--

Студенту:

Группа	ФИО
0AM4A	Степаненко Александра Александровна

Тема работы:

Исследование влияния снежного покрова на изменение атмосферного бета- и гамма-фона.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 09.03.2016, 1844/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	6.06.2016
--	-----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	1) Результаты численных экспериментов по влиянию высоты снежного покрова на величину мощности дозы $\gamma$ -излучения и плотности потока $\beta$ -излучения в приземной атмосфере. 2) База данных мониторинга полей ионизирующих излучений, метеорологических и атмосферно-электрических параметров на экспериментальных площадках ТПУ-ИМКЭС, г. Томск. 3) Результаты анализа научной литературы по теме влияния погодных условий на атмосферный $\beta$ - и $\gamma$ -фон.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1) Проведение обзора и анализа литературы по тематике диссертации. 2) Создание программного кода с использованием программы MATLAB для формирования базы данных по радиационным величинам для графического отображения. 3) Проведение регрессионного анализа экспериментальных данных, выявление зависимостей и влияющих факторов, их анализ.

4) Выводы и заключение.	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская М. В.
Социальная ответственность	Гоголева Т. С.
Иностранный язык	Ермакова Я. В.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Влияние снежного покрова на атмосферный радиационный бета- и гамма- фон \ Influence of snow cover to atmospheric $\beta$ - and $\gamma$ -background	
Методы и приборы измерений \ Materials and methods	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор каф. ПФ НИ ТПУ	Яковлева В.С.	д.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0АМ4А	Степаненко Александра Александровна		

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

---

Институт: Физико-технический

Направление подготовки (специальность): Ядерная физика и технологии

Уровень образования: Магистратура

Кафедра Прикладной физики

Период выполнения: весенний семестр 2016 учебного года

Форма представления работы:

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	6.06.2016
--	-----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.03.2016	Обзор и анализ литературы	
08.04.2016	Изучение оборудования, схемы установки детекторов, разработка программного кода в MATLAB	
15.04.2016	Построение зависимостей, поиск влияющих факторов	
29.04.2016	Выполнение регрессионного анализа экспериментальных данных	
20.05.2016	Анализ результатов и заключение	
27.05.2016	Оформление пояснительной записки, презентации	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф.ПФ НИ ТПУ	Яковлева В.С.	д.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПФ	Вагнер А.Р.	к.ф.-м.н.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0AM4A	Степаненко Александра Александровна

<b>Институт</b>	<b>Физико-технический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ПФ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	14.04.02 Ядерные физика и технологии

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований:</i>	Иерархическая структура работ SWOT-анализ Календарный план-график реализации проекта
3. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности научного исследования</i>	Определение ресурсоэффективности проекта

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Оценочная карта конкурентных технических решений</i></li> <li>2. <i>Матрица SWOT</i></li> <li>3. <i>Иерархическая структура работ</i></li> <li>4. <i>Организационная структура проекта</i></li> <li>5. <i>Календарный план проекта</i></li> <li>6. <i>Бюджет проекта</i></li> <li>7. <i>Определение ресурсоэффективности проекта</i></li> </ol>
--

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент каф. МЕН ИСГТ	Верховская М.В.	к.ЭКОН.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0AM4A	Степаненко Александра Александровна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0AM4A	Степаненко Александра Александровна

<b>Институт</b>	<b>Физико-технический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ПФ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	14.04.02 Ядерные физика и технологии

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Вредные факторы: микроклимат, освещение, шумы, электромагнитные поля, ионизирующее излучение.</li> <li>– Опасные факторы: вероятность поражения электрическим током, пожарная и взрывоопасность.</li> </ul>
<i>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Электробезопасность.</li> <li>– Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы.</li> <li>– Пожарная безопасность.</li> </ul>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм;</li> <li>– предлагаемые средства защиты (средства индивидуальной и коллективной защиты).</li> </ul>
<i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность (источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, действия в аварийной ситуации).</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

### Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент каф. ПФ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

### Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0AM4A	Степаненко Александра Александровна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 103 страницы, 18 рисунков, 13 таблиц, 41 источник, 1 прил.

Ключевые слова: бета-излучение, гамма-излучение, атмосфера, динамика, снежный покров, радиационный мониторинг (влияющие факторы)

Объектом исследования является сезонная зависимость атмосферного бета- и гамма- фона.

Цель работы – исследование сезонной зависимости атмосферного бета- и гамма- фона на разных высотах от толщины снежного покрова и сопутствующих метеорологических величин.

В процессе исследования проводилась разработка программного кода в пакете MATLAB для визуализации (графического отображения) временных рядов данных плотности потока бета-излучения и мощности дозы гамма-излучения. Также был выполнен поиск влияющих факторов и регрессионный анализ экспериментальных данных.

В результате исследования была обнаружена зависимость между величиной  $\beta$ - и  $\gamma$ - фона и толщиной снежного покрова.

Степень внедрения: высокая, проект может использоваться в настоящее время и при продолжении дальнейших исследований.

Область применения: физика атмосферы, радиационная экология, радиационная биология.

В будущем планируется: развитие технологии радиационного мониторинга городской среды, которая позволит получать новые данные о структуре и динамике полей ионизирующих излучений и естественной радиоактивности в приземной атмосфере и поверхностном слое грунта, выявлять особенности и закономерности в их поведении, а также взаимосвязи с метеорологическими процессами внутрисуточного, суточного и синоптического масштабов.



## Перечень определений

**Бета-частицы** – электроны и позитроны, испускаемые атомными ядрами, а также свободным нейтроном при бета-распаде.

**Гамма-излучение** ( $\gamma$ -излучение) – электромагнитное излучение, принадлежащее наиболее высокочастотной (коротковолновой) части спектра электромагнитных волн. Приведем классификацию электромагнитных волн.

**Доза излучения** (поглощённая доза) – энергия ионизирующего излучения, поглощённая облучаемым объектом и рассчитанная на единицу массы этого объекта. Доза - основная величина, определяющая радиационное воздействие излучения на объект.

**Ионизирующее излучение** – это совокупность различных видов микрочастиц и физических полей, обладающих способностью ионизировать вещество, то есть образовывать в нем электрически заряженные частицы – ионы.

**Радиационный фон** – радиоактивное излучение, присутствующее на Земле от естественных и техногенных источников, в условиях которого постоянно находится человек.

## Обозначения и сокращения

АСКРО – автоматизированная система контроля радиационной обстановки

ДПР – дочерние продукты распада (радионуклида)

ИИ – ионизирующее излучение

ИИИ – источник ионизирующего излучения

ИМКЭС – Институт мониторинга климатических и экологических систем

КРО – контроль радиационной обстановки

МКРЗ – международная комиссия по радиологической защите

МЭД – мощность эффективной дозы

ОА – объемная активность радионуклида

ОСПОРБ-99 – Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности

ПП – плотность потока (ионизирующего излучения)

ПЖД – полупроводниковый детектор

ППР – плотность потока радона (с поверхности грунта)

ППТ – плотность потока торона (с поверхности грунта)

ТОРИИ – Томская обсерватория радиоактивности и ионизирующих излучений

ТПУ – Томский политехнический университет

УА – удельная активность радионуклида

ЭРОА – эквивалентная равновесная объемная активность

## Оглавление

Введение.....	13
1 Литературный обзор .....	16
1.1 Снежный покров и его характеристики.....	16
1.2 Ионизирующее излучение приземной атмосферы.....	21
1.3 Источники ионизирующего излучения в приземной атмосфере... ..	26
1.4 Флуктуации естественного радиационного фона.....	27
2 Методы и приборы измерений .....	33
3 Исследование влияния снежного покрова на радиационный фон .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1 Влияние снежного покрова на сезонную динамику радиационного фона приземной атмосферы.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.2 Влияние снежного покрова на вертикальный профиль бета- и гамма- фона.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3 Регрессионный анализ зависимостей.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.4 Общие выводы по результатам исследований.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	37
4.1 Предпроектный анализ .....	37
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	38
4.1.2 SWOT-анализ.....	40
4.2 Планирование управления научно-техническим проектом .....	41
4.2.1 Иерархическая структура работ проекта.....	41
4.2.2 Контрольные события проекта.....	42

4.2.3 План проекта .....	43
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	44
4.3.1 Расчёт материальных затрат .....	45
4.3.2 Расчёт амортизации оборудования для экспериментальных работ .....	46
4.3.3 Зарплаты на оплату труда исполнителей НТИ .....	47
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды .....	49
4.3.5 Накладные расходы .....	49
4.4 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования (НТИ) .....	50
4.5 Организационная структура проекта .....	51
4.6 Матрица ответственности .....	52
4.7 Определение ресурсной эффективности исследования .....	53
5 Социальная ответственность .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов..	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.2.1 Организационные мероприятия	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.2.2 Технические мероприятия	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.2.3 Условия безопасной работы	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.4 Электробезопасность .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.5 Пожарная безопасность .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Заключение .....	56
Список публикаций .....	58

Список использованных источников **Ошибка! Закладка не определена.**

Приложение А ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

## Введение

Атмосферные радионуклиды, почвенные радиоактивные газы и ионизирующие излучения являются широко используемыми и перспективными трассерами динамических процессов, протекающих в верхних слоях литосферы и приземной атмосфере. Это обусловлено их замечательными индикаторными свойствами и, в большинстве случаев, более простой и экономичной процедурой контроля по сравнению с не радиоактивными трассерами. Параллельно, радиационный контроль окружающей среды предназначен для обеспечения защиты населения от вредного воздействия ионизирующего излучения на их здоровье [1]. В существующих государственных системах радиационного мониторинга России непрерывно измеряется только один параметр – мощность дозы  $\gamma$ -излучения [2]. Остальные радиационные величины, такие как объемная активность изотопов радона и дочерних продуктов их распада (ДПР), плотности потоков  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучений в атмосфере, плотность потока радона с поверхности грунта, измеряются эпизодически.

Многочисленные исследования полей ионизирующей радиации показали, что их вариации связаны с двумя основными факторами: земные (миграция радионуклидов в почве и метеорологические процессы) и внеземные (интенсивность космического излучения, вторичные космические лучи, образование новых радионуклидов).

Изменения окружающей среды и климата во многих регионах планеты, включая территорию Сибири, остаются недостаточно изученными как для прогноза вектора наблюдаемых изменений, так и для обоснованной оценки роли природных и техногенных факторов. В полной мере это относится и вариациям компонент естественного радиоактивного фона на территории Западной Сибири.

На основе результатов проведенного исследования можно утверждать о том, что влияние на радиационный фон такого климатического параметра, как снежный покров мало изучено либо не взято во внимание.

Цель данной работы – исследование сезонной зависимости атмосферного бета- и гамма-фона на разных высотах от толщины/высоты снежного покрова и сопутствующих метеорологических величин. Для решения сформулированной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести обзор и анализ литературы по данной тематике;
- создать программный код с использованием программы MATLAB для формирования базы данных по радиационным величинам для графического отображения;
- провести регрессионный анализ экспериментальных данных, выявить зависимости и влияющие факторы, их анализ;
- сделать соответствующие выводы и заключение;
- доложить о результатах исследования на конференции.

Исследование проводилось на кафедре Прикладной Физики Томского Политехнического Университета. Работа была выполнена при поддержке гранта ФЦП №14.575.21.0105. Результаты были представлены на VII Международной научно-практической конференции: «Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине» в 2015 и 2016 годах.





## **1 Литературный обзор**

### **1.1 Снежный покров и его характеристики**

Снежный покров – слой снега, лежащий на поверхности почвы или льда, образовавшийся в результате снегопадов в зимнее время. Сухой снежный покров представляет собой двухфазную, а мокрый – трехфазную систему, состоящую из кристаллов льда, воды и воздуха, содержащего пар. Различают снежный покров временный, стаивающий за несколько часов или дней после образования, и устойчивый, лежащий в течение всей зимы или с небольшими перерывами. Снежный покров имеет слоистое строение, обусловленное рядом причин: перемежающимися снегопадами, собственной массой снежинок, возгонкой и сублимацией снежных кристаллов, воздействием ветра, солнечной радиации, оттепелей и др. Высота и физико-механические свойства снежного покрова непрерывно изменяются.

На поверхности снега различают солнечную корку толщиной в несколько мм, образовавшуюся в ясные морозные дни за счет оплавления поверхностного слоя снега, ветровой наст (уплотненный ветром слой снега толщиной до 3 см) и тепловой наст (толщиной до 8 – 10 см). Под снегом на поверхности почвы может образоваться ледяная корка от замерзания талой воды.

Снежный покров оказывает большое влияние на все природные процессы и хозяйственную деятельность человека. Сплошной снежный покров предохраняет зимой поверхность от эрозии, дефляции, солифлюкции, а весной при таянии является источником интенсивного проявления склоновых и эрозионных процессов. Снег оказывает влияние на давление, осадки, влажность, температурный режим, запыленность атмосферы.

С другой стороны, физико-механические свойства снега, его строение и особенности распространения находятся в тесной зависимости от ландшафтных условий территории. Снежный покров является зеркалом

сезонного состояния природы и несет большую информацию о погодных явлениях.

Образование снежного покрова происходит в результате выпадения из атмосферы твердых осадков, представленных снежинками, которые состоят из множества мелких ледяных кристаллов. Процессы образования в облаке зародышевых капель и кристаллов сложны и не полностью еще изучены. Полагают, что зарождение снежинок происходит возле ядер конденсации, какими являются частицы пыли, сажи, пыльцы растений и спор. На поверхности земли снежинки накапливаются и формируют снежный покров. Снег подвержен воздействию ветра и температуры воздуха не только в момент выпадения, но и после снегопада. Места, подверженные продолжительному ветровому воздействию, как правило, лишены снега. Изучение перемещения снега имеет большое практическое значение при снежных мелиорациях.

Таким образом, снежный покров не является стабильным: его мощность и все физико-механические свойства непрерывно изменяются.

Электрические, радиоактивные и акустические свойства снега в последнее время приобретают все большее значение, но они пока изучены недостаточно.

Сухой снег, прежде всего, характеризуется малой электрической проводимостью, что позволяет располагать на его поверхности даже неизолированные провода.

Радиационные характеристики снежного покрова находятся в зависимости от состояния снега. Альbedo снега для суммарной солнечной радиации зимой (при отсутствии загрязнений) может достигать 95 %, но по мере загрязнения и уплотнения альbedo снижается. Средние значения альbedo для свежеснегавшего сухого снега – 82 %, мокрого – 72 %, старого сухого – 65 % и мокрого – 50 % (по данным для европейской части России). Проникновение солнечной радиации в зависимости от структуры снежного

покрова ограничивается глубиной 30 – 50 см для сухого снега и 10 – 15 см для влажного [3].

Снег непрозрачен для длинноволновой радиации, это приводит к своеобразному парниковому эффекту: при небольшой мощности сухого снега коротковолновая солнечная радиация, проникая через снег, прогревает почву и при слабоотрицательных температурах воздуха может вызвать стаивание снега снизу. Ночное излучение и дневное отражение солнечной радиации снежного покрова приводят к сильному охлаждающему действию снежного покрова на располагающийся под ним воздух: наиболее низкие температуры обычно возникают в ясные ночи непосредственно под свежеснег выпавшим снегом. На транспорте и в строительстве снег наносит большой ущерб в результате снежных заносов, обвалов и лавин в горах [2].

Изучение снежного покрова, его высоты, плотности и распределения по территории также имеет практическое значение, поскольку снег оказывает большое влияние на водность рек, на работу транспорта, на урожаи зерновых, трав и многих сельскохозяйственных культур, а также на эрозионные процессы.

В сезонном и многолетнем снежном покрове практически постоянно существуют градиенты температуры, а в поровом пространстве снега и градиенты концентрации водяного пара. Возникновение градиентов температуры и концентрации водяного пара в снежном покрове связано главным образом с особенностями его термического режима как промежуточного звена, регулирующего вещественный и энергетический обмен между атмосферой и подстилающими породами. На границах контактирующих сред (снежный покров – атмосфера и снежный покров – грунт) дополнительные перепады концентрации водяного пара обусловлены различием содержания водяного пара в поровом пространстве снега и приграничных слоях атмосферы и подстилающего грунта [3; 24].

Градиенты температуры в снеге и воздухе определяются теплопроводностью среды и зависят от интенсивности сублимации.

Теплопроводность снега изменяется весьма существенно, как в зависимости от его плотности, так и в меньшей степени от температуры [3; 25].

В природных условиях при обычном термическом состоянии контактирующих сред, когда подстилающая поверхность теплее снега, происходит миграция водяного пара из грунта (более теплой среды) в снег (более холодную). При том же термическом режиме контактирующих сред (подстилающая поверхность теплее снега), но в весьма малых значениях градиента температуры, на их границе может формироваться динамическое равновесие, когда преимущественная миграция водяного пара в каком-либо направлении отсутствует или даже может возникать поток водяного пара из снега в грунт, обусловленный более высоким содержанием водяного пара в поровом пространстве снега [3; 27].

Интенсивность потока на границе сред в этом случае можно охарактеризовать уравнением, аналогичным уравнению Фика:

$$F_{\Delta C} = D_{г/сн} \cdot gradC,$$

где  $F_{\Delta C}$  – поток, вызываемый различием концентрации водяного пара в грунте и снеге;

$D_{г/сн}$  – коэффициент массопереноса на границе двух сред;

$gradC = (C_{сн} - C_{г})/\Delta x$  – градиент концентрации водяного пара;

$C_{сн}$ ,  $C_{г}$  – концентрации водяного пара в поровом пространстве снега и грунта, соответственно;

$\Delta x = \Delta x_{сн} + \Delta x_{г}$  – толщина слоев снега и грунта, в пределах которых происходят основные изменения содержания водяного пара [3; 28].

Величина и направление массопереноса на границе снега и подстилающей поверхности зависят от температуры, градиента температуры, льдистости грунта и его дисперсности [3; 28].

Одной из важнейших характеристик ландшафта в зимний период являются свойства снегового покрова – его мощность и плотность. От этих

показателей зависит как глубина промерзания грунта, так и запас содержащейся в снегу воды [4].

Поверхность снежного покрова в значительной степени формируется под воздействием солнечной радиации и ветров. Ветровые формы снежного микрорельефа могут быть аккумулятивными (снежные сугробы, дюны, барханы) и дефляционными (заструги, впадины). Снежный покров характеризуется слоистостью и зернистостью. На протяжении зимы снежный покров оседает и уплотняется. Разрезы снежного покрова к концу зимы отражают историю прошедших снегопадов и сопровождавших их состояний погоды, запасы тепла в подстилающих грунтах, а также экологическую обстановку на территории [4].

Снежный покров оказывает огромное влияние на климат, рельеф, гидрологические и почвообразовательные процессы, жизнь растений и животных. Снежный покров предохраняет почву от глубокого промерзания и сохраняет озимые посевы, поглощает азотистые соединения, удобряя тем самым почву, адсорбирует атмосферную пыль, охлаждает приземные слои воздуха [4].

Для научных и прикладных целей представляют интерес сведения о продолжительности периода с непрерывным залеганием снега. Устойчивым считается снежный покров, залегающий не менее одного месяца. Еще одна характеристика, межгодовая изменчивость снегозапасов, – один из главных факторов вариаций талого стока, лавинной активности, баланса массы ледников. При составлении карт снежного покрова на достаточно изученные территории используются зависимости снегозапасов и числа дней со снежным покровом от абсолютной высоты. При расчетах значений снегозапасов учитываются такие факторы, как удаление от океана, ориентация макросклонов относительно основных влагонесущих потоков и экранированность. На равнинной территории изолинии проводятся на основе линейной интерполяции в поле точек, образованном данными метеорологических станций. Ежедневные данные метеостанций о толщине и плотности снежного покрова определяют

режим снегонакопления в точке. Но сеть метеостанций редка и неравномерна, а в труднодоступных горных районах вообще отсутствует. В таких случаях используются данные маршрутных снегосъемок и дистанционные методы. Для малоизученных территорий, таких как Южная Америка, Центрально-Азиатское нагорье, разработаны косвенные методы расчетов, основанные на количественных связях характеристик снежного покрова с определяющими их климатическими факторами. Для каждого материка и природного региона приводятся по две основные карты: максимальных снегозапасов и числа дней со снежным покровом, которые дают представление о распределении снежного покрова по территории и во времени. Имеется и ряд нетиповых карт [4].

Наблюдения за снежным покровом состоят из ежедневных наблюдений за изменением (динамикой) снежного покрова и периодических снегосъемок для определения снегонакопления и запаса воды на элементах природного ландшафта (поле, лес, балки, овраги) [4].

Физические параметры грунта оказывают существенное влияние на атмосферные поля ионизирующих излучений, которые, в свою очередь, являются отражением состояния системы «литосфера – атмосфера – ионосфера – космос».

## **1.2 Ионизирующее излучение приземной атмосферы**

В ходе многолетних совместных исследований Томского политехнического университета и Института мониторинга климатических и экологических систем (ИМКЭС), проводимых на экспериментальной площадке ИМКЭС, была обнаружена значимая зависимость между интенсивностью осадков и характеристиками полей ионизирующих излучений (ИИ) приземной атмосферы. В качестве характеристик полей ИИ приземной атмосферы были выбраны плотности потоков (ПП)  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучений, мощности поглощенной дозы  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучений. Характеристики полей ИИ регистрировали различными типами детекторов (сцинтилляционные, газоразрядные), расположенных на разных высотах от 10 см до 35 м в открытой атмосфере. Параллельно с

экспериментами проведено моделирование зависимости перечисленных характеристик полей ИИ от влажности грунта и высоты над земной поверхностью (высоты расположения детектора ИИ) (рис. 1) [5; 228].

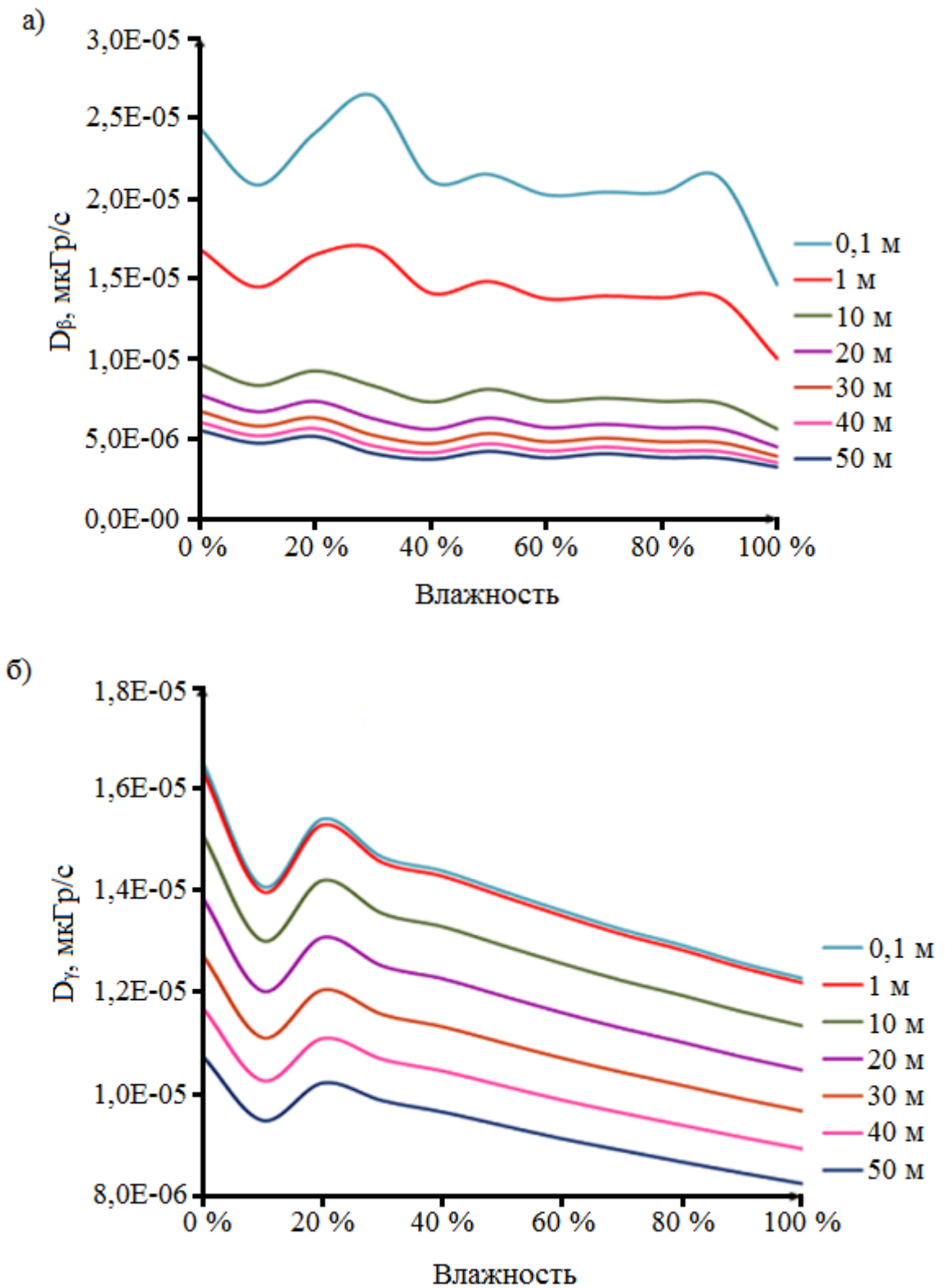


Рисунок 1 – Зависимость: а) дозы  $\beta$ -излучения и б) дозы  $\gamma$ -излучения от влажности грунта и высоты

Взаимосвязь изотопного состава атмосферных осадков с высотой местности впервые исследована В. Дансгором, который в 1953 г. установил наличие высотного эффекта изменения  $\delta^{18}\text{O}$  в атмосферных осадках [6; 13].

Исследователями зафиксировано отсутствие выраженного высотного изотопного эффекта в поверхностном снеге на леднике Гарабаши в летние сезоны: в поверхностном снеге 1998 г. высотный изотопный эффект отсутствовал, а в 2008 г. выражен обратный эффект [6; 14]. На леднике № 1 Баишуи, в горах Хендгдуан в Китае (южное окончание Тибетского плато), было зафиксировано проявление «нормального» высотного изотопного эффекта в поверхностном слое зимнего снега и свежевывавшем летнем снеге, при этом в лежалом снежном покрове в летний сезон отмечена «обратная» высотная изотопная зональность [6; 16].

Высотный изотопный эффект изучался на леднике Робертсон в Скалистых горах Канады. Наиболее интересным в этом исследовании является то, что положительный градиент, т. е. обратный высотный изотопный эффект, отмечен в свежевывавшем снеге конкретного снегопада в зимний сезон. Как правило, обратный высотный изотопный эффект проявляется, когда анализируются образцы длительного накопления (месячные, сезонные или годовые слои), которые представляют различные временные серии отложения снега на разных высотах [6; 17].

Высотный изотопный эффект изучался в горах Аляски. Исследовались снежные осадки и снежный покров в различных местоположениях (от побережья до ледника Логан (гора Логан)) на разных высотах (от 4000 до 6000 м) [6; 17].

Высота 1000 м примерно соответствует нижнему уровню выпадения осадков, и температуры у поверхности ледникового покрова не отражают первоначальных условий конденсации атмосферной влаги. Почти постоянный изотопный состав снега в береговой полосе может быть обусловлен ветровым перераспределением. Другой причиной служит абляция, затрагивающая главным образом летние осадки и уменьшающаяся вверх по склону [6; 17].



В неледниковых горных районах для величины высотного изотопного градиента также отмечается вариабельность в зависимости от высоты и сезона выпадения осадков [6; 18].

Высотный изотопный эффект выражен в дождевых осадках предгорья Гималаев.

Как известно, наличие высотного изотопного эффекта связано с закономерным падением температуры и давления водяного пара с высотой [6; 19].

Одним из главных изотопных эффектов, отмеченных при выпадении снега на леднике Гарабаши, является сезонность в проявлении высотной изотопной зональности. Вертикальная изотопная зональность значительно ярче выражена в зимних осадках и слабо проявляется или отсутствует в осадках, выпадающих с апреля по октябрь. Летние осадки чаще образуются при конденсации пара в облаках, переваливающих через линию Главного Кавказского хребта, и обрушиваются либо одновременно, либо последовательно из облаков, находящихся примерно на одной высоте в течение всего времени выпадения осадков. Это приводит к выпадению изотопически однородного снега как на вершинах, так и на склонах и даже в долинах. Зимние воздушные массы, как правило, холодные и относительно сухие. Достигая Эльбруса, они обычно продвигаются снизу из долин вверх по склону, постепенно теряя влагу в результате снегопадов, что, вероятно, и является главным фактором формирования нормальной высотной изотопной зональности в зимнем свежевывавшем снеге [6; 19].

Таким образом, нарушение проявления этого эффекта может быть объяснено несколькими причинами. Во-первых, это круглогодичное снегонакопление в горах, благодаря чему выше снеговой линии накапливается весь годовой снег: и зимний изотопически легкий, и летний изотопически тяжелый. При этом ниже снеговой линии остающийся снежный покров не имеет весеннего и летнего снега, который если и выпадает, то быстро стаивает, оставляя на поверхности снежного покрова изотопически легкий зимний снег.

Такая ситуация может привести к формированию обратного высотного изотопного эффекта в поверхностном снеге, что исследователи наблюдали на леднике Гарабаши летом 1998 и летом 2008 г [6; 19].

Во-вторых, зачастую на горных склонах выпадение снега происходит на одном уровне конденсации, когда большое облако распространяется над склоном в значительном диапазоне высот и выпадающий из него снег имеет однородный изотопный состав (рис. 2) [6; 20].

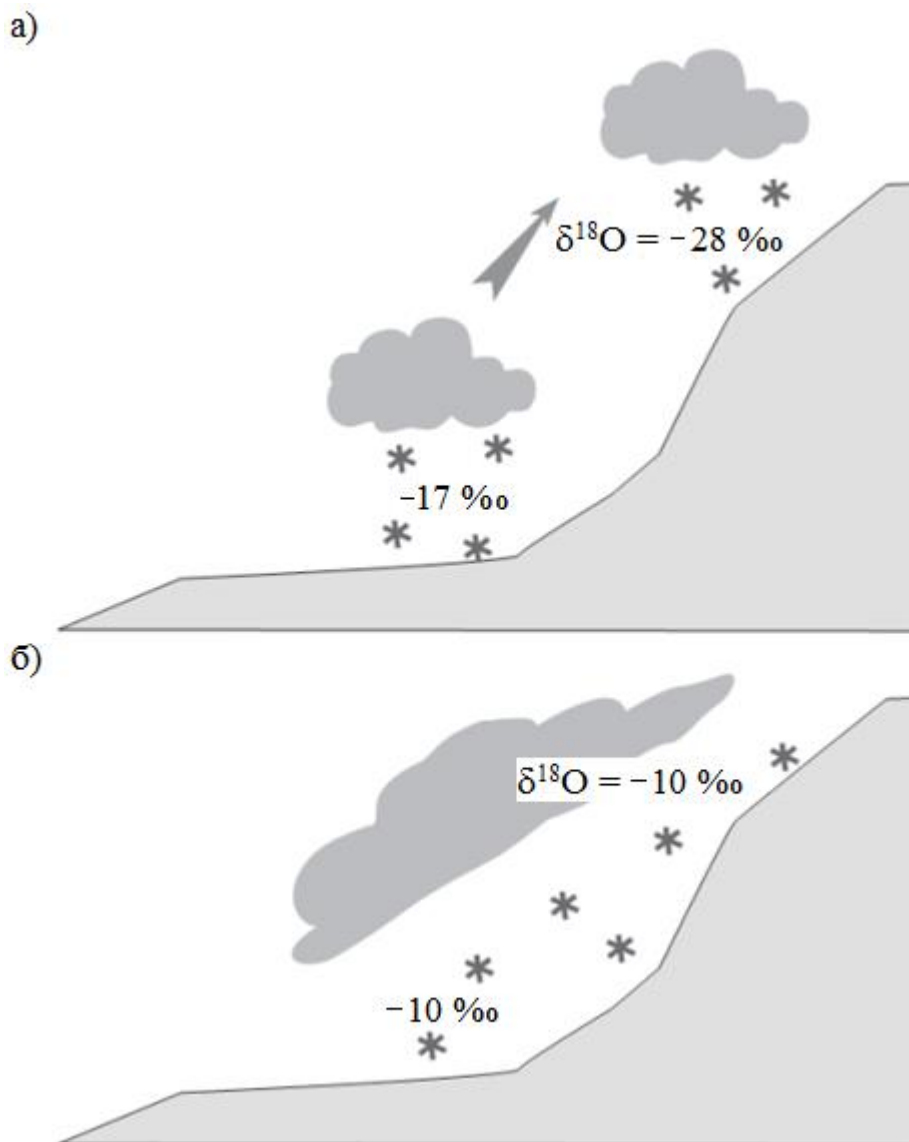


Рисунок 2 – Формирование высотного изотопного эффекта при продвижении воздушной массы вдоль горного склона снизу вверх (а) и отсутствие высотного изотопного эффекта при выпадении снега из одной воздушной массы, растянувшейся над всем склоном (б)

### 1.3 Источники ионизирующего излучения в приземной атмосфере

Радиационный контроль, включающий мониторинг изменения гамма-фона, является основной задачей обеспечения состояния защищенности населения от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения [7]. Многочисленные исследования показали, что на изменение мощности дозы гамма-излучения влияют многие факторы: температура [8,9], атмосферное давление [8,9], относительная и абсолютная влажность воздуха [8,9], направление и сила ветра [8], землетрясения и др. Как известно, изменения интенсивности радиационного поля связаны с двумя группами факторов: земными (миграция радионуклидов под влиянием смены направлений ветров, морских течений и т.п.) и внеземными (изменение интенсивности космического излучения, достигающего поверхности; возникновение вторичных излучений из-за образования радионуклидов в процессе взаимодействия космическими излучениями с элементами почвы, морской воды и т.п.).

В существующих государственных системах радиационного мониторинга России непрерывно измеряется только один параметр – мощность дозы  $\gamma$ -излучения. Остальные радиационные величины, такие как объемная активность изотопов радона и дочерних продуктов их распада (ДПР), плотность потока  $\beta$ -излучения в атмосфере, плотность потока радона с поверхности грунта, измеряются при эпизодическом контроле.

Зависимость радиационного фона от атмосферного давления носит явно выраженный экстремальный характер: интенсивность радиации максимальна при давлении 753 мм рт.ст. и минимальна при малых (740 мм рт.ст) и больших (776 мм рт.ст) [8]. В целом, увеличение относительной влажности воздуха приводит к уменьшению интенсивности радиационного фона. Основное падение интенсивности радиационного поля приходится на интервал от 75 до 90 % влажности, тогда как в интервалах влажности 55 – 75 % (высокое значение фона) и 95 – 100 % (низкое значение фона) гамма-фон практически не

зависит от влажности. Интенсивность радиационного фона зависит и от направления ветра: по мере приближения направления ветров к северному значения фона имеют тенденцию к возрастанию. Наибольшие значения фона достигаются при скорости ветра 4 – 12 м/с; как штиль, так и шторм приводят к низким значениям радиационного фона. Сравнение графиков изменения интенсивности радиационного поля и метеорологических параметров [8] показывает, что в первом приближении можно считать, что гамма-фон изменяется в фазе с температурой атмосферы и в противофазе с давлением и влажностью. Однако более детальный анализ показывает, что в разные времена года интенсивность гамма фона то увеличивается с ростом какого-то конкретного метеорологического параметра, то уменьшается, а то вообще он него не зависит. Поэтому вопрос о характере влияния метеопараметров на гамма-фон требует более тщательного изучения и вовлечения в анализ данных по флуктуации климатических параметров за несколько лет [8].

В 2009 – 2010 годах группа исследователей Полярного геофизического института КНЦ РАН исследовали возрастания интенсивности гамма (рентгеновского) излучения в приземном слое атмосферы во время осадков в Апатитах и на Шпицберген. Была обнаружена явная связь между возрастаниями и дождевой (снеговой) облачностью. Были получены энергетические спектры гамма-излучения в хорошую погоду и при выпадении осадков. В них отсутствуют спектральные линии, характерные для атмосферных радионуклидов. Проведенное исследование позволило считать основной причиной возрастания гамма-излучения во время осадков тормозное рентгеновское излучение энергичных электронов, ускоренных электрическими полями внутри дождевых (снеговых) облаков [10].

#### **1.4 Флуктуации естественного радиационного фона**

Интенсивность радиационного поля на поверхности Земли не является постоянной: она изменяется как в пространстве, так и во времени. Уровни земной радиации зависят от концентрации радионуклидов в том или ином

участке земной коры. В местах проживания основной массы населения они примерно одного порядка. Так, согласно исследованиям, проведенным во Франции, ФРГ, Италии, Японии и США, примерно 95 % населения этих стран живет в местах, где мощность дозы облучения от земных источников радиации составляет в среднем от 0,3 до 0,6 мЗв в год. Но некоторые группы населения получают значительно большие дозы облучения: около 3 % получает в среднем 1 мЗв в год, а около 1,5 % более 1,4 мЗв в год. Но есть места, где уровни земной радиации намного выше. Неподалеку от города Посус-ди-Калдас в Бразилии на небольшой возвышенности уровень радиации в 800 раз превосходит средний (250 мЗв/ год).

Чуть меньшие уровни радиации зарегистрированы на морском курорте, расположенном в 600 км к востоку от этой возвышенности. Гуарапари – небольшой город с населением 12 тыс. человек – каждое лето становится местом отдыха 30 тыс. курортников. На отдельных участках его пляжей зарегистрирован уровень радиации 175 мЗв в год. Местные населенные пункты стоят на песках, богатых торием. На юго-западе Индии 70 тыс. человек живут на узкой прибрежной полосе длиной 55 км, вдоль которой также тянутся пески, богатые торием. Данная группа лиц получает в среднем 3,8 мЗв в год на человека. Из них более 500 человек получают свыше 8,7 мЗв в год, а 60 – более 17 мЗв, что в 50 раз больше средней годовой дозы внешнего облучения от земных источников радиации. В Иране, в районе городка Рамсер, где бьют ключи, богатые радием, уровни радиации составляют до 400 мЗв в год [11].

Изменения во времени интенсивности радиационного поля связаны с двумя группами факторов: земными (миграция радионуклидов под влиянием смены направлений ветров, морских течений и т.п.) и внеземными (изменение интенсивности космического излучения, достигающего поверхности; возникновение вторичных излучений из-за образования радионуклидов в процессе взаимодействия космическими излучениями с элементами почвы, морской воды и т.п.) (рис.3). На характер флуктуаций радиационного поля существенное влияние оказывает изменение во времени метеорологических

параметров: температуры, атмосферного давления, относительной и абсолютной влажности воздуха, направления и силы ветра (рис.4). В настоящее время полагают, что основной вклад во временные флюктуации интенсивности земного радиационного фона вносит изменение содержания в атмосфере радона и продуктов его распада [12,13].

В неподвижном воздухе тяжелый радон обычно прижат к почве и его концентрация наибольшая на первых этажах. За время миграции из почвы к верхним этажам радон успевает распасться. Концентрация радона в атмосфере существенно зависит от температуры. Поскольку температура в течение суток изменяется периодически, то и концентрация радона также циклически изменяется. Подобные колебания концентрации радона происходят не только в атмосфере, но и почвах, особенно на малых глубинах. На колебания концентрации радона в атмосфере существенное влияние оказывают температура (среднее значение и амплитуда колебания, разность температур почвы и атмосферы), атмосферное давление, тип (снег, дождь, туман) и интенсивность осадков. Важное значение имеют и такие процессы, как промерзание грунта, таяние снегов (рис.5) [14].

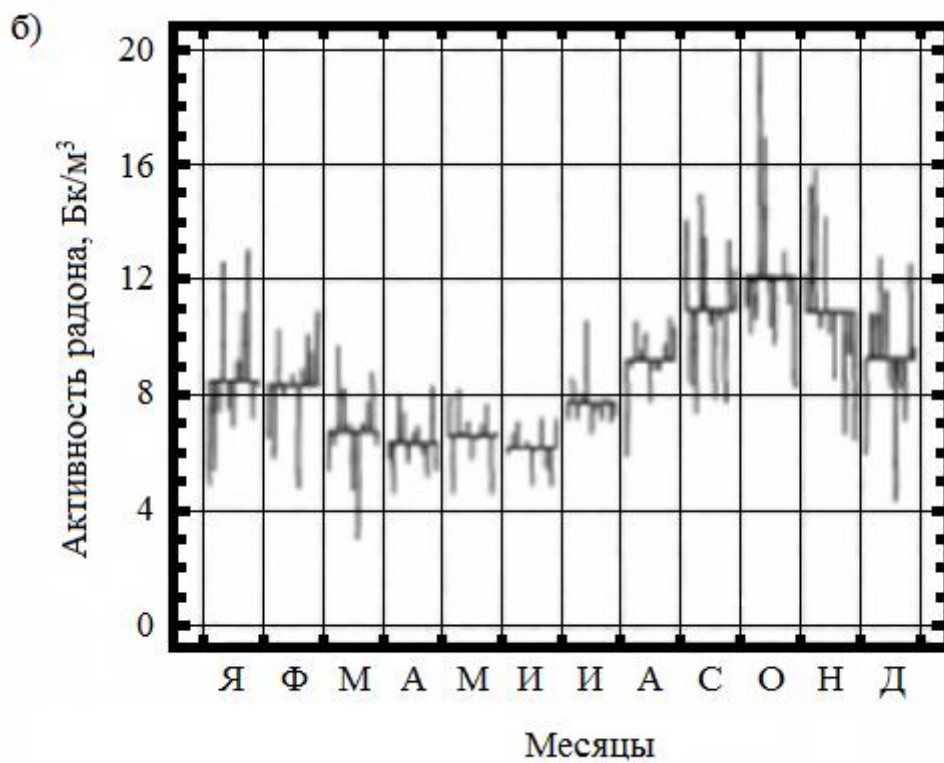
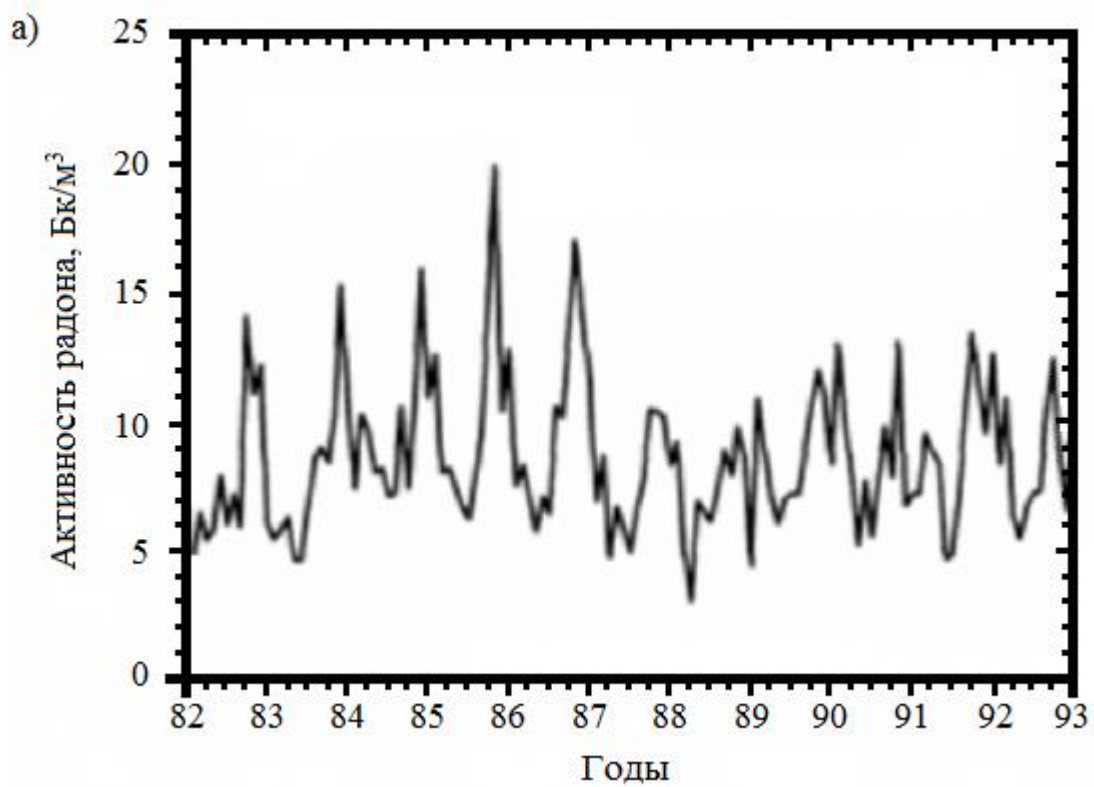


Рисунок 3 – Колебания концентрации радона годовые (а)  
и месячные (б)

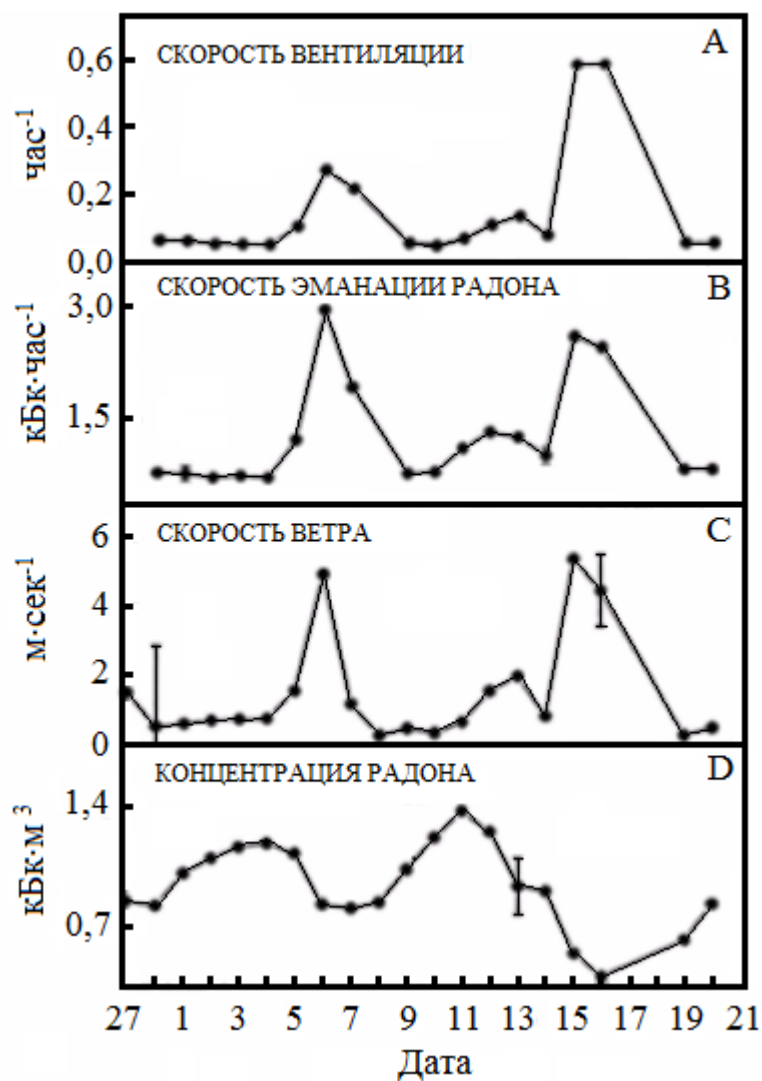


Рисунок 4 – Изменение во времени интенсивности вентиляции помещения (А), скорости выделения радона из почвы (В), скорости ветра (С) и концентрации радона в жилом помещении (D)



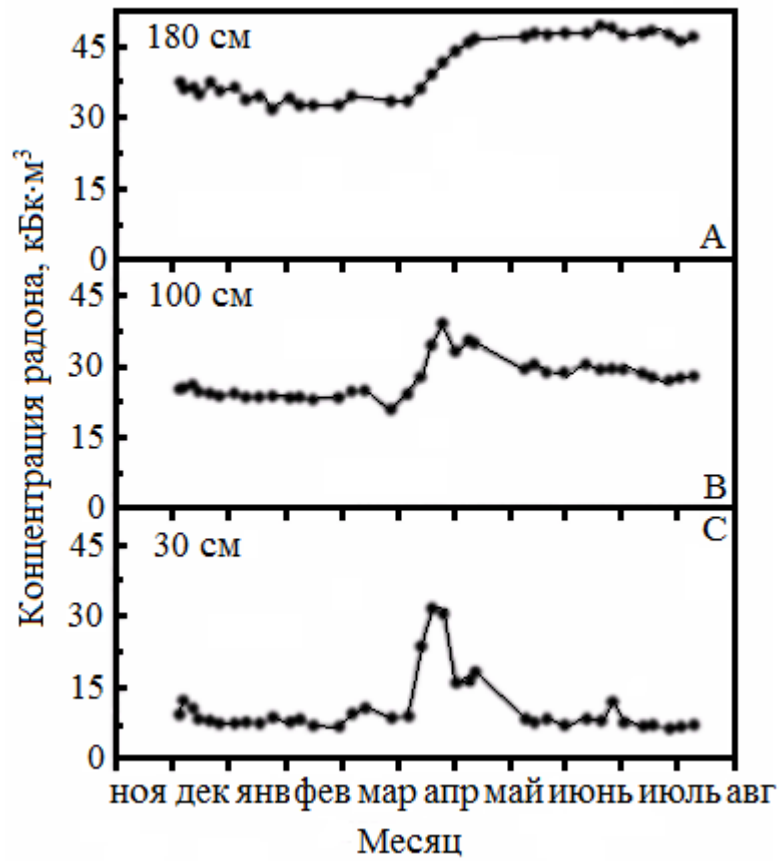


Рисунок 5 – Влияние таяния снегов на концентрацию радона в почве на различной глубине. Период: ноябрь 1989 август 1990

## 2 Методы и приборы измерений

С 2009 года по настоящее время НИ ТПУ совместно с ИМКЭС изучает влияние толщины/высоты снежного покрова на динамику бета- и гамма-фона с учетом региональных исследований. База данных мониторинга, находящаяся в свободном доступе, предоставляет собой количественное описание осадков.

В качестве характеристик полей ИИ приземной атмосферы были выбраны плотности потоков (ПП)  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучений, мощности поглощенной дозы  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучений. Характеристики полей ИИ регистрировали различными типами детекторов (сцинтилляционные, газоразрядные), расположенными на серии высот от 10 см до 35 м в открытой атмосфере. Параллельно с экспериментами проведено моделирование зависимости перечисленных характеристик полей ИИ от влажности грунта и высоты над земной поверхностью (высоты расположения детектора ИИ) [15].

Для радиационного мониторинга была создана Томская обсерватория радиоактивности и ионизирующих излучений (ТОРИИ), которая включает лабораторию дозиметрии (10-й корп. ТПУ) и 2 экспериментальные площадки, расположенные на прилежащей к зданию ИМКЭС СО РАН территории и на мезонине здания.

С конца 2008 г. и по настоящее время проводится инспектирование характеристик полей альфа-, бета- и гамма-излучений на высотах 10 см, 1, 5, 10, 25, 30 и 35 м в приземном слое атмосферы и на глубинах 10, 20, 50 см, 1 и 5 м в грунте соответственно схеме, представленной на рисунке 6. Площадка для проведения экспериментов располагается во дворе ИМКЭС, при этом она огорожена металлическим забором, а территория просматривается тремя видеокамерами в режиме реального времени и продолжается на мезонине здания.

Универсальный комплекс включает лабораторный стенд «AtRad», состоящий из стандартной метеорологической мачты высотой 10 м, к которой при помощи хомутов прикреплены газоразрядные счетчики  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучений и

сцинтилляционные детекторы ИИ. Счётчики с помощью коаксиальных 50-омных кабелей соединяются с устройством питания и преобразования импульсов излучения в TTL формат. Сформированные в TTL форму импульсы передаются в восьмиканальное счетное устройство. Работающий в счётном режиме, выполненный в виде PCI платы, производимой компанией «Парсек» г. Дубна, и работающий совместно с ЭВМ восьмиканальный АЦП выступает в роли сборщика данных.

К каждому из четырёх газоразрядных счетчиков, детектирующих бета + гамма-излучение и располагающихся на метеорологической мачте на четырёх уровнях высоты, приспособлены однотипные счетчики, закрытые алюминиевым и пластиковым корпусами и детектирующие только гамма-излучение. Следовательно, по разности скорости счета импульсов между парными счетчиками, расположенными на одной высоте, можно выделять «чистый» бета-фон, одновременно получая временные ряды данных о гамма- и бета-излучениях с частотой дискретизации 2 минуты.

На экспериментальных площадках для мониторинга плотности потоков бета- и гамма-излучений и мощности амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$ -излучения в приземной атмосфере используются газоразрядные счетчики  $\gamma$ - и жесткого  $\beta$ -излучения СТС-6 и СБМ-19, высокочувствительные сцинтилляционные интеллектуальные блоки детектирования БДПБ-01, БДПА-01 (АТОМТЕХ, Беларусь) на высотах 10 см, 1, 5, 25, 30 и 35 м и на глубинах 0,1; 0,2; 0,5 и 1 м, а также высокочувствительные сцинтилляционные интеллектуальные блоки детектирования  $\gamma$ -излучений БДКГ-03 (АТОМТЕХ, Беларусь) на высотах 1,5 и 25 м и на глубине 0,5 м. Выбор этих детекторов был сделан исходя из требований к широкому диапазону условий эксплуатации, поскольку блоки БДПА-01 работают в диапазоне температур от  $-30$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , и относительной влажности – вплоть до 98%. Наземные детекторы ИИ закреплены на 2-х метеорологических мачтах.

Параллельно производится мониторинг плотности потоков радона и торона с поверхности грунта, для этого установлены 4 комплекса собственной

разработки, подтвержденные патентами РФ. Для измерения объемной активности изотопов радона, дочерних продуктов их распада, эквивалентной равновесной объемной активности радона, коэффициента равновесия между радоном и ДПР, величины потенциальной энергии альфа-частиц (РАЕС) используются радиометры радона PPA-01M-03 и PPA-06П (РФ), радиометр ЭРОА радона РАМОН-01Н (Казахстан) и радиометр ОА радона и торона и ДПР RTM 2200 (фирма SARAD, Германия).

Дополнительно, для того, чтобы изучать динамику объемной активности почвенного радона, не возмущенную изменением метеоусловий, была выполнена установка сцинтилляционного NaI(Tl) детектора на большой глубине – 5 м. Чтобы производить разделение сигналов от  $\gamma$ -излучающих продуктов распада радона и почвенных радионуклидов, детектор соединен с многоканальным анализатором импульсов. Схема методики измерений представлена на рисунке 6.



Рисунок 6 – Схема мониторинга характеристик полей ионизирующих излучений в системе «грунт – атмосфера»

Мониторинг метеорологических, актинометрических и атмосферно-электрических величин (температура приземного слоя атмосферы  $T$ , давление  $p$ , относительная влажность  $h$ , скорость и направление ветра  $w$ ,  $\alpha$ , температура поверхности  $T_p$  и подповерхностные температуры  $T_s$  на серии глубин) в ИМКЭС СО РАН проводится с помощью автоматизированной информационно-измерительной системы (АИИС). В её состав включены дополнительно измерители напряжённости электрического поля атмосферы  $E$  «Поле-2», полярных электропроводностей  $L_-$ ,  $L_+$  атмосферного воздуха «Электропроводность-2», а также детектор мощности дозы  $\gamma$ -излучения на основе газоразрядных счетчиков, расположенный внутри помещения, которое находится непосредственно под измерительной площадкой.

Параллельно, измерения основных метеопараметров и характеристик турбулентности с тактом в 1 минуту ведутся с помощью ультразвуковой метеостанции АМК-3, представляющей собой новое поколение метеорологических приборов (разработка ИМКЭС СО РАН, [16]). Приходящая солнечная радиация  $P_r$  измеряется пиранометром Kipp & Zonen CM-11 и фотометром NILU-UV-6T. Такт съема данных до октября 2007 г. составлял 1 мин, а с октября 2007 г. уменьшен до 30 сек.

Измерительная метеобудка располагается на высоте 25 м (на мезонине здания ИМКЭС), внутри установлены два детектора СБМ-19, один из которых помещен в алюминиевый и пластиковый кожух. Источник питания БНВ-30 и блок питания в стандарте ВЕКТОР обеспечивают высоковольтное питание детекторов.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1 Предпроектный анализ**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

#### 4.1.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Данный анализ проведен с помощью оценочной карты (табл. 4.1). Для этого отобрано две конкурентные разработки. Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 4.1, подбирали исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Время наработки данных	0,2	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Помехоустойчивость	0,07	4	4	3	0,5	0,5	0,3
3. Безопасность	0,2	5	5	4	0,4	0,4	0,3
4. Потребность в ресурсах памяти	0,05	5	3	3	0,5	0,3	0,3
5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,06	5	4	4	0,35	0,3	0,3
6. Простота эксплуатации	0,09	5	3	4	0,45	0,35	0,3
7. Наличие дорогостоящего оборудования	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	5	3	2	0,2	0,2	0,15
2. Цена	0,1	5	3	1	0,4	0,3	0,3
3. Финансирование научной разработки	0,05	3	4	2	0,3	0,3	0,4

Продолжение таблицы 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Экономические критерии оценки эффективности							
4. Наличие сертификации разработки	0,05	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Итого	1				4,5	3,85	3,55

Позицию разработки и конкурентов оценивали по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

В существующих государственных системах радиационного мониторинга непрерывно измеряется только один параметр – мощность дозы  $\gamma$ -излучения. Разработанная методика проста и экономична по сравнению с конкурентными методами измерения радиационных величин в атмосфере, так как позволяет измерять плотности потока  $\beta$ -излучения, объемную активность изотопов радона и дочерних продуктов их распада, а также плотность потока радона с поверхности грунта.

Данный анализ позволяет говорить о том, что исследование является эффективным, так как обеспечивает приемлемое качество результатов. Дальнейшее инвестирование данной разработки можно считать целесообразным.



### 4.1.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT-анализ заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. SWOT-анализ данного научно-исследовательского проекта представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Новизна идеи научного исследования.</p> <p>С2. Достаточная надёжность установки.</p> <p>С3. Безопасность работы с установкой</p> <p>С4. Ремонтпригодность каждого отдельного узла установки.</p> <p>С5. Простота эксплуатации установки.</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие финансирования.</p> <p>Сл2. Отсутствие у персонала необходимых знаний.</p> <p>Сл3. Большой срок обработки результатов</p> <p>Сл4. Отсутствие осведомленности об исследованиях данного типа.</p> <p>Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В3. Сотрудничество с рядом новых организаций.</p> <p>В4. Использование устаревших методов конкурентами.</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</p> <p>1. Рост спроса на исследования данного типа за счет распространения среди различных организаций и университетов.</p> <p>2. Приоритет к данному исследованию по сравнению с конкурентами за счет осуществления должной надежности и безопасности установки.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</p> <p>1. Отсутствие большого числа заказов на проведение исследований.</p> <p>2. Приоритет конкурентных организаций из-за длительного срока исследований или невыполненных в срок.</p>

## Продолжение таблицы 4.2 – SWOT-анализ

Угрозы: У1. Высокая цена технологии. У2. Конкуренция. У3. Отсутствие финансирования со стороны, как университета, так и государства. У4. Сложность поставки образцов для исследований. У5. Износ оборудования.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: 1. Осуществление ремонта текущей установки без замены составляющих частей. 2. Устойчивость к борьбе с конкурентами за счет новизны идеи.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»: 1. Невостребованность технологии за счет ее неустойчивой конкурентоспособности. 2. Стагнация исследований из-за отсутствия финансирования.
---	---	--

На основе результатов анализа данной матрицы можно сделать вывод о том, что трудности и проблемы, с которыми так или иначе может столкнуться данный исследовательский проект можно будет решить за счет имеющихся сильных сторон исследования.

### **4.2 Планирование управления научно-техническим проектом**

#### **4.2.1 Иерархическая структура работ проекта**

В процессе создания иерархической структуры работ проекта (рис. 4.1) структурированы и определены содержание всего проекта.

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей. Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ: разделение всего объёма запланированной работы, на мелкие операции, чтобы они соответствовали уровню, при котором способ выполнения запланированных действий был бы ясен, а операции были бы оценены и спланированы.

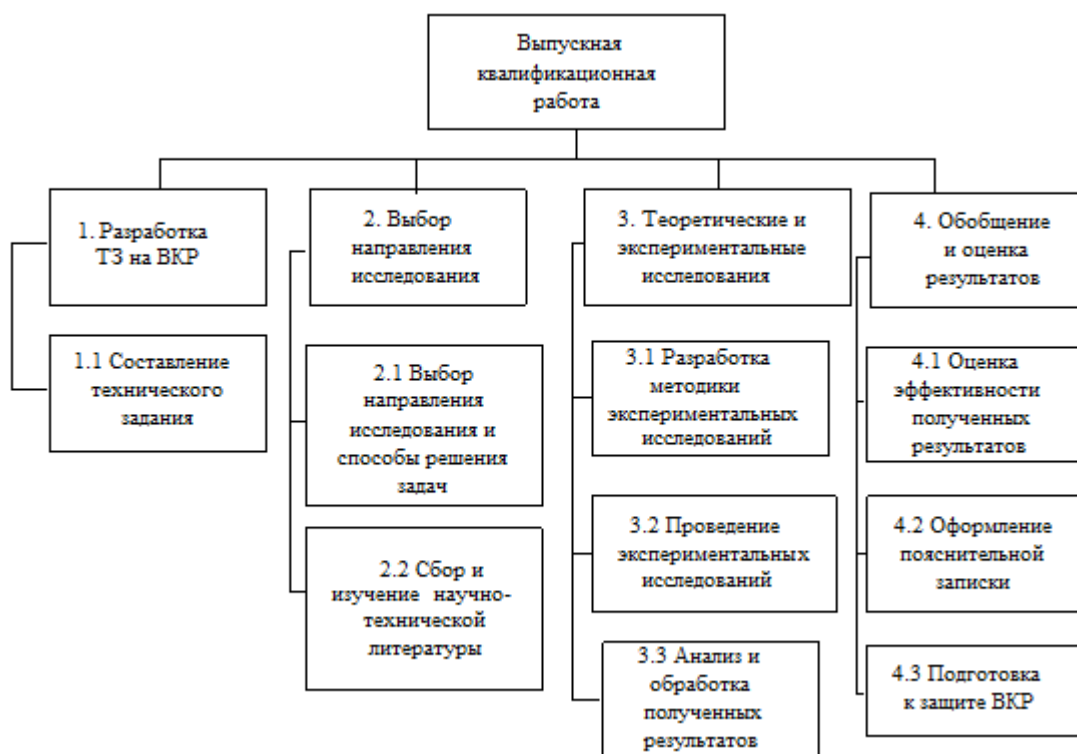


Рисунок 4.1 – Иерархическая структура работ

#### 4.2.2 Контрольные события проекта

В рамках данного раздела определены ключевые события проекта, их даты и результаты, которые получены по состоянию на эти даты. Информация сведена в табл. 4.3.

Таблица 4.3 – Контрольные события проекта

№	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Разработка технического задания на ВКР	8.02.2016	Приказ о ВКР
1.1	Составление и утверждение технического задания	12.02.2016	–
2.1	Выбор направления исследования и способов решения задач	17.02.2016	–
2.2	Сбор и изучение научно-технической литературы	22.02.2016 – 28.03.2016	Список литературы
3.1	Разработка методики экспериментальных исследований	30.03.2016	Методика
3.2	Проведение экспериментальных исследований	15.04.2016	Отчёт

Продолжение таблицы 4.3 – Контрольные события проекта

№	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
3.3	Анализ и обработка полученных результатов	15.04.2016 – 01.05.2016	–
4.2	Оформление пояснительной записки и презентации	10.05.2016 – 27.05.2016	Пояснительная записка
4.3	Подготовка к защите ВКР	29.05.2016 – 10.06.2016	–

### 4.2.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта (табл. 4.4). Далее с помощью диаграммы Ганта (табл. 4.5) проиллюстрирован календарный план проекта, на котором работы по теме характеризуются датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 4.4 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Тк, кал.дн.	Дата начала и окончания работ	Состав участников
1	Разработка ТЗ на ВКР	4	8.02.2016 – 12.02.2016	руководитель
1.1	Составление и утверждение технического задания	5	12.02.2016 – 17.02.2016	руководитель
2.1	Выбор направления исследования и способов решения задач	5	17.02.2016 – 22.02.2016	руководитель, магистрант
2.2	Сбор и изучение научно-технической литературы	35	22.02.2016 – 28.03.2016	магистрант
3.2	Проведение экспериментальных исследований	15	30.03.2016 – 15.04.2016	руководитель, магистрант
3.3	Анализ и обработка полученных результатов	16	15.04.2016 – 01.05.2016	руководитель, магистрант
4.1	Оценка эффективности полученных результатов	10	01.05.2016 – 10.05.2016	руководитель, магистрант

Таблица 4.5 – Календарный план-график в виде диаграммы Ганта

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ													
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Разработка ТЗ на ВКР	Руководитель	4	■													
1.1	Составление технического задания	Руководитель	5		■												
2.1	Выбор направления исследования и способов решения задач	Руководитель, магистрант	5		■												
2.2	Сбор и изучение литературы	Магистрант	35			■	■	■	■								
3.1	Разработка методики эксперимент-х исследований	Руководитель, магистрант	15							■	■						
3.2	Проведение эксперимент-х исследований	Руководитель, магистрант	15							■	■						
3.3	Анализ и обработка полученных результатов	Руководитель, магистрант	16									■	■				
4.2	Составление и оформление ПЗ	Магистрант	17										■	■			
4.3	Подготовка к защите	Руководитель, магистрант	13													■	

■ – Руководитель

■ – Магистрант

### 4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

1. Материалы.
2. Затраты на оплату труда работников, непосредственно участвующих в НИОКР.

3. Отчисления во внебюджетные фонды.
4. Работы, выполняемые сторонними организациями.
5. Спецоборудование для научных и экспериментальных работ.
6. Прочие прямые расходы.
7. Накладные расходы.

Статьи 1 – 6 относятся к прямым затратам, величину прямых затрат, как правило, следует определять прямым счетом, это затраты, связанные непосредственно с выполнением конкретного НИИ, остальные затраты рассчитываются косвенным способом, это затраты на содержание аппарата управления, общетехнических и общехозяйственных служб, они объединяются в статье «Накладные расходы».

Далее приведено формирование и расчёт затрат, включаемых в себестоимость.

#### 4.3.1 Расчёт материальных затрат

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты на электроэнергию. Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб
Электричество	–	210 кВт·час	2,05	430,5
Бумага	SvetoCopy	110	0,38	41,8
Печать на листе А4	–	110	1,5	165
Ручка	Cello Writer	1	25	25
Доступ в интернет	–	4 месяца	350	1400
Всего за материалы				2062,3
Транспортно-заготовительные расходы				0
Итого:				2062,3

### 4.3.2 Расчёт амортизации оборудования для экспериментальных работ

Данная статья включает в себя все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по тематике диссертации.

В данной исследовательской работе к спецоборудованию, необходимому для проведения экспериментальных работ, относятся газоразрядные счетчики  $\gamma$ - и жесткого  $\beta$ -излучения СТС-6 и СБМ-19, высокочувствительные сцинтилляционные интеллектуальные блоки детектирования БДПБ-01, БДПА-01 (АТОМТЕХ, Беларусь), а также высокочувствительные сцинтилляционные интеллектуальные блоки детектирования  $\gamma$ -излучений БДКГ-03 (АТОМТЕХ, Беларусь), стоимость которых составляет 192 000 рублей, назначенный срок службы – 5 лет.

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{аморт}} = C_{\text{об}} / T, \quad (4.2)$$

где  $C_{\text{об}}$  – стоимость оборудования (руб);

$T$  – срок службы (дней).

$$C_{\text{аморт}} = (192000 / 1825) = 105,2 \text{ руб/дн.}$$

Оборудование использовалось в течение 60 дней, таким образом, затраты на оборудование:

$$C_{\text{аморт(общ)}} = 105,2 \cdot 60 = 6312 \text{ руб.}$$

В себестоимость НТИ также была включена только стоимость электроэнергии, освещения и отопления помещения.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C = C_{\text{эл}} \cdot P \cdot F_{\text{об}}, \quad (4.3)$$

где  $C_{\text{эл}}$  – тариф на промышленную электроэнергию (2,05 руб. за 1 кВт·ч);

$P$  – мощность оборудования, кВт;

$F_{\text{об}}$  – время использования оборудования, ч.

При выполнении работы использовался стационарный компьютер со средней мощностью 500 Вт (0,5 кВт). Если предположить, что вся работа выполнялась на нем, то, всего было израсходовано:

$$E = P \cdot F_{об} = 0,5 \cdot 4 \cdot 105 = 210 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

(105 календарных дней, четырёхчасовой рабочий день)

Затраты на энергию:

$$C = 2,05 \cdot 210 = 430,5 \text{ руб}$$

Затраты на отопление, определяющиеся по формуле:

$$Z_{отоп} = (a \cdot T \cdot V) \cdot C, \quad (4.4)$$

где  $a$  – количество тепла на 1 м<sup>3</sup> помещения ( $12,57 \cdot 10^{-5}$  Гкал);

$T$  – продолжительность отопительного сезона;

$V$  – объём отапливаемого помещения ( $4 \times 4 \times 2,6$  м<sup>3</sup>);

$C$  – стоимость 1 Гкал тепла (1021,07 руб).

$$Z_{отоп} = (12,57 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 41,6) \cdot 1021,07 = 435,02 \text{ руб}$$

Затраты на освещение вычисляются следующим образом:

$$Z_{отоп} = \frac{15 \cdot S_f \cdot M \cdot t}{1000} \cdot C, \quad (4.5)$$

где  $S_f$  – площадь пола (16 м<sup>2</sup>);

$M$  – количество часов искусственного освещения в сутки (7 ч);

$t$  – количество рабочих дней (82);

$C$  – стоимость 1 киловатт-часа электроэнергии (2,05 руб).

$$Z_{отоп} = \frac{15 \cdot 7 \cdot 16 \cdot 105}{1000} \cdot 2,05 = 361,62 \text{ руб.}$$

Итого:  $430,5 + 435,02 + 361,62 = 1227,14$  руб.

### 4.3.3 Зарплаты на оплату труда исполнителей НТИ

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.



$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.6)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата научного руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

Дополнительная заработная плата включает оплату за непроработанное время (очередной и учебный отпуск, выполнение государственных обязанностей, выплата вознаграждений за выслугу лет и т.п.) и рассчитывается исходя из 10 – 15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (4.7)$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (4.8)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{раб}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

$$Z_{дн} = (Z_{м} \cdot M) / F_{д}, \quad (4.9)$$

где  $Z_{м}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

При отпуске в 28 рабочих дней  $M=11$  месяцев, 5-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Основная заработная плата руководителя за период проведения работ (32 рабочих дня) равна:

$$Z_{\text{дн}} = (Z_{\text{м}} \cdot M) / F_d = (28942,87 \cdot 11) / 249 = 1278,6 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} = 1278,6 \cdot 32 = 40915,2 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 40915,2 = 6137,28 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 40915,2 + 6137,8 = 47052,48 \text{ руб.}$$

Заработная плата магистра состоит из стипендии. Магистр, выполнивший данную работу, получает стипендию в размере 5650 руб. Заработная плата составит:

$$C = 5650 \cdot 3 = 16950 \text{ руб.}$$

#### 4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Размер отчислений во внебюджетные фонды составляет 30 % в 2016 от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИОКР.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.10)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений в социальные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (40915,2 + 6137,28) = 14115,744 \text{ руб.}$$

#### 4.3.5 Накладные расходы

Для учета накладных расходов нужно учесть расходы на содержание аппарата управления и общехозяйственных (общеуниверситетских) служб, которые в равной степени относятся ко всем выполняемым НИИ. По этой статье учитываются оплата труда административно-управленческого

персонала, содержание зданий, оргтехники и хозинвентаря, амортизация имущества, расходы по охране труда и подготовке кадров.

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.11)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов взята в размере 16 %.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (1227,14 + 2062 + 6312 + 47052,48 + 16950 + 14115,744) \cdot 0,16 = \\ &= 14035,1 \text{ руб.} \end{aligned}$$

#### 4.4 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования (НТИ)

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Расчёт бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб. (руководитель + магистр)
1. Материальные затраты НТИ	2062
2. Затраты на оборудование	6312
3. Затраты на энергию	430,5
4. Затраты на отопление	435,02
5. Затраты на освещение	361,62
6. Затраты по основной зарплате исполнителей темы	57865,2
7. Затраты по дополнительной зарплате исполнителей темы	6137,28
8. Отчисления во внебюджетные фонды	14115,744
9. Накладные расходы	14035,1
<b>Бюджет затрат НТИ</b>	<b>101754,3</b>

В ходе выполнения экономической части ВКР были проведены расчёты плановой себестоимости проведения НТИ и времени, необходимого на проведение ВКР. Плановая себестоимость работы составляет 101754,3 руб., основная составляющая которой – заработная плата исполнителей НТИ.

#### **4.5 Организационная структура проекта**

Организационная структура проекта – наиболее соответствующая проекту временная организационная структура, включающая всех его участников и создаваемая для успешного достижения целей проекта.

Разработка организационной структуры проекта включает:

- идентификацию всех организационных единиц;
- определение ролей участников проекта и их взаимодействия,
- определение ответственности и полномочий;
- распределение ответственности и полномочий между организационными единицами структуры;
- разработку инструкций, регламентирующих взаимодействия в структуре и рабочие процедуры.

Организационная структура проекта является динамической структурой, которая претерпевает изменения в процессе осуществления проекта. Эти изменения зависят от фаз жизненного цикла проекта, типов, используемых в проекте контрактов, и других условий выполнения проекта. Организационная структура данного проекта представлена на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Иерархическая структура работ

#### 4.6 Матрица ответственности

Матрица ответственности определяет степень ответственности каждого члена проекта за ту или иную задачу, если он имеет к ней некоторое отношение.

Таблица 4.8 – Матрица ответственности

Этапы исследования	Научный руководитель	Субподрядчик от ТОРИИ	Консультант по языковому разделу	Консультант раздела «Финансовый менеджмент»	Консультант раздела «Соответственность»	Магистрант
Сбор и изучение научно-технической литературы	О					И
Разработка методики экспериментальных исследований	О	И				И

Продолжение таблицы 4.8 – Матрица ответственности

Проведение экспериментальных исследований	О	У				И
Анализ и обработка полученных результатов	О					И
Оценка ресурсоэффективности и ресурсосбережения				С		И
Раздел социальной ответственности					С	И
Перевод раздела на английский язык			С			И
Оформление пояснительной записки и презентации	С					И

Ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

#### 4.7 Определение ресурсной эффективности исследования

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.12)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности данного исследования представлен в форме таблицы 4.9.

Таблица 4.9 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	4	4
3. Помехоустойчивость	0,25	4	3	3
4. Энергосбережение	0,1	5	5	4
5. Надёжность	0,2	5	5	4
6. Материалоёмкость	0,15	5	5	5
ИТОГО	1	4,6	4,2	3,75

$$I_{\text{тп}} = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 = 4,6;$$

$$\text{Аналог 1} = 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 = 4,2;$$

$$\text{Аналог 2} = 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 = 3,75.$$

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_i}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.13)$$

где  $\Phi_i$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{102000}{110000} = 0,93; \quad I_{\phi}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{108000}{110000} = 0,98;$$

$$I_{\phi}^{a2} = \frac{\Phi_{a2}}{\Phi_{\max}} = \frac{110000}{110000} = 1.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{финр}^p$ ) и аналога ( $I_{финаi}^{ai}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{финр}^p}; I_{финаi}^{ai} = \frac{I_m^{ai}}{I_{финаi}^{ai}}; \quad (4.14)$$

$$I_{финр}^p = \frac{4,6}{0,93} = 4,95; I_{фина1}^{a1} = \frac{4,2}{0,98} = 4,29; I_{фина2}^{a2} = \frac{3,75}{1} = 3,75;$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финаi}^{ai}} \quad (4.15)$$

Таблица 4.10 – Сравнительная эффективность анализа

№	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,98	1	0,93
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,2	3,75	4,6
3	Интегральный показатель эффективности	4,29	3,75	4,95
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,15	1,32	1

На основе расчета интегрального показателя с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности научного исследования можно заключить что, сравнительная оценка текущего проекта выше других аналогов.

Таким образом, итоговая себестоимость НИР составила 101754,3 рубля, время, необходимое для выполнения работы, составило 105 календарных дней.



## Заключение

Обзор литературы показывает, что на сегодняшний день существует малое количество исследовательских групп, которые занимаются данной тематикой. Имеющиеся в научной литературе результаты подобных исследований в некоторых аспектах разнятся с приведенными в данной работе, например, есть утверждение, что значений климатических параметров обычно не сильно влияют на величину интенсивности гамма фона. Но существует и ряд схожих выводов, таких как:

— с ростом абсолютной влажности интенсивность фона возрастает (туман или дождь/снег прижимают продукты распада радона к грунту), но при большой как абсолютной, так и относительной влажности, скорость счета падает (радиоактивные аэрозоли вымываются из атмосферы);

— интенсивность фона явно зависит от температуры: при средних (весеннее-осенних) температурах фон максимален, а при низких (зима) и высоких (лето) температурах радиационный фон минимален.

Следует иметь в виду, что парное рассмотрение взаимных влияний – мало информативно. Во-первых, климатические параметры одновременно влияют на интенсивность радиационного фона, но влияют по-разному, часто нивелируя суммарный эффект. Во-вторых, это влияние существенно зависит от сезона.

В процессе выполнения работы было показано, что в Западной Сибири доза облучения людей, находящихся на открытом воздухе в зимний период снижается. Это актуальный вопрос для радиобиологии, в частности для изучения воздействия малых доз на живые организмы.

Дальнейшее развитие технологии радиационного мониторинга городской среды позволит получать новые данные о структуре и динамике полей ионизирующих излучений и естественной радиоактивности в приземной атмосфере и поверхностном слое грунта, выявлять особенности и

закономерности в их поведении, а также взаимосвязи с метеорологическими процессами внутрисуточного, суточного и синоптического масштабов.

Таким образом, учитывая, что продукты распада, которые присоединяются к нерадиоактивным атмосферным аэрозолям, являются необходимым компонентом при изучении процессов осаждения за счет дождевых и снежных осадков. На международном уровне технология может быть интересна научным коллективам и организациям, работающим в междисциплинарных исследованиях с природной и техногенной радиоактивностью, геотрассерами построенными на физике переноса соответствующих радионуклидов в той или иной среде и других областях науки, техники и технологий, так или иначе соприкасающимися с исследованиями фоновых измерений радиоактивности.

Хочу выразить огромную благодарность научному руководителю Яковлевой Валентине Станиславовне и Нагорскому Петру Михайловичу за оказанную помощь и приобретение мною знаний и опыта.

## Список публикаций

1. Степаненко А.А., Яковлева В.С., Нагорский П.М. Изменение вертикального разреза атмосферных бета- и гамма-полей в периоды схода и установления снежного покрова [Электронный ресурс] // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник тезисов докладов VII Международной научно-практической конференции, г. Томск, 3-6 Июня 2015 г. – Томск: НИ ТПУ, 2015. – С. 239 – 240 – Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C49/C49.pdf>, свободный.

2. Радиационный бета/гамма-индикатор опасных природных и техногенных явлений / А.А. Степаненко, П.М. Нагорский, В.С. Яковлева, И.И. Ипполитов, П.П. Фирстов, Е.О. Макаров, С.В. Смирнов, С.Э. Смирнов // Аэрозоли Сибири: тезисы докладов XXI рабочей группы, г. Томск, 25-28 Ноября 2014 г. – Томск: ИОА СО РАН, 2014 – С. 84.

3. Степаненко А.А., Рябкина К.С. Влияние дождевых осадков на радиационный фон окружающей среды // Иностраный язык в контексте проблем профессиональной коммуникации: материалы II Международной научной конференции, г. Томск, 27-29 Апреля 2015 г. – Томск: НИ ТПУ, 2015 – С. 69 – 70.

4. Cherepnev M.S., Kondratjeva A.G., Stepanenko A.A. Guide for calibration of alpha-, beta- and gamma-radiation detectors used for soil radon monitoring [Electronic resorces] // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник тезисов докладов VII Международной научно-практической конференции, г. Томск, 3-6 Июня 2015 г. – Томск: НИ ТПУ, 2015 – С. 214 – 215 – Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C49/C49.pdf>, свободный.