



Школа Инженерная школа ядерных технологий  
Направление подготовки 14.04.02 Ядерная физика и технологии  
ООП/ОПОП Ядерная и радиационная безопасность  
Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА**

Тема работы				
Определение коэффициентов поглощения фотонов в снежном покрове				

УДК 539.122.08:535.34:551.578.46

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM13	Петракова Наталья Владимировна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Беляева И. В.	к.ф.-м.н.		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Л.Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Передерин Ю.В.	к.т.н.		

Нормоконтроль (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЯТЦ	Семенов А.О.	к.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
<b>УК(У)-2</b>	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
<b>УК(У)-3</b>	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
<b>УК(У)-4</b>	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
<b>УК(У)-5</b>	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
<b>УК(У)-6</b>	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способность к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий
<b>ПК(У)-2</b>	Готовность применять методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
<b>ПК(У)-3.</b>	Готовность разрабатывать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований
<b>ПК(У)-4.</b>	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения
<b>ПК(У)-5.</b>	Способность к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов РФ в области ядерной и радиационной безопасности, атомной энергии
<b>ПК(У)-6.</b>	Способность объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение
<b>ПК(У)-7.</b>	Способность формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании

<b>ПК(У)-8</b>	Готовность применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, учета неопределенностей при проектировании
<b>ПК(У)-9.</b>	Способность решать задачи в области развития науки, техники и технологии с учетом нормативного правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности
<b>ПК(У)-10.</b>	Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования и дополнительного профессионального образования (ДПО)
<b>ПК(У)-11.</b>	Способность к проектированию и экономическому обоснованию инновационного проекта, содержания, структуры и порядка его разработки



Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.04.02 Ядерная физика и технологии

ООП/ОПОП Ядерная и радиационная безопасность

Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП/ОПОП

\_\_\_\_\_  
(Подпись) (Дата) (ФИО)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
0AM13	Петракова Наталья Владимировна

Тема работы:

Определение коэффициентов поглощения фотонов в снежном покрове	
<i>Утверждена приказом директора</i>	<i>№33-46/с от 02.02.2023</i>

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	26.05.2023
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- литературные источники,</li> <li>- данные метеорологических параметров за период с 2009 по 2022 г.г.,</li> <li>- данные мониторинга гамма-фона в зимы с 2009 по 2022 г.г.</li> </ul>
<b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Обзор литературных источников;</li> <li>2 Методы измерения характеристик гамма-фона;</li> <li>3 Экспериментальная часть;               <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1 Анализ данных мониторинга климатических и радиационных параметров;</li> <li>3.2 Исследование влияния снежного покрова на радиационный гамма- фон приземной атмосферы с учетом параметров снежного покрова, в частности плотности снега и толщины снега;</li> <li>3.3 Разработка метода оценки коэффициента поглощения фотонов снегом по результатам определения гамма- излучения приповерхностной атмосферы в зимний период;</li> </ol> </li> <li>4 Финансовый менеджмент,</li> </ol>

	ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 5 Социальная ответственность; Выводы и заключения
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Приложение А. Чертеж «Сцинтилляционный детектор БДКГ»;  Презентация для защиты ВКР

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н. Спицына Л. Ю.
Социальная ответственность	Доцент ОЯТЦ ИЯТШ, к.т.н. Передерин Ю. В.
Иностранный язык	Ст. преп. ОИЯ ШБИП Квашнина О. С.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>	
Введение	
Литературный обзор	
Методы измерений характеристик гамма- фона	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	13.03.2023
---	------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Беляева И. В.	к.ф.-м.н.		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM13	Петракова Наталья Владимировна		



Школа Инженерная школа ядерных технологий  
Направление подготовки 14.04.02 Ядерная физика и технологии  
ООП/ОПОП Ядерная и радиационная безопасность  
Уровень образования Магистр  
Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла  
Период выполнения (весенний семестр 2022/2023 учебного года)

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

Обучающийся:

Группа	ФИО
0AM13	Петракова Наталья Владимировна

Тема работы:

Определение коэффициентов поглощения фотонов в снежном покрове
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	26.05.23
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
13.03.2023	Выдача задания	
25.04.2023	Обзор литературных источников	15
25.04.2023	Методы измерения характеристик гамма-фона и приборы	15
27.04.2023	Экспериментальная часть. Результаты и обсуждение	30
04.06.2023	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
05.06.2023	Социальная ответственность	15
26.05.2023	Заключение. Сдача работы	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Беляева И. В.	к.ф.-м.н.		13.03.2023

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП/ОПОП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЯТЦ	Семенов А.О.	к.т.н.		13.03.2023

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM13	Петракова Наталья Владимировна		13.03.2023

## **Обозначения и сокращения**

W – водный эквивалент снежного покрова;

АС и ЧС – аварийная ситуация и чрезвычайная ситуация;

ВКР – выпускная квалификационная работа;

ИМКЭС СО РАН – Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук;

НИР – научно-исследовательская работа;

ДПР– дочерние продукты распада;

ТПУ– Томский Политехнический Университет;

ПП– поток плотности;

ИИ– ионизирующее излучение;

СТС- 6– самозатухающий цилиндрический счетчик Гейгера- Мюллера;

СБМ- 19– счетчик Гейгера- Мюллера;

БДКГ- 03 – блок детектирования гамма- излучения;

ТОРИИ– Томская обсерватория радиоактивности и ионизирующих излучений

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 110 страниц, 34 таблицы, 12 рисунков, 40 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: мощность дозы гамма- излучения, радиоактивный фон атмосферы, гамма- излучение, коэффициент поглощения, влагозапас.

Объектом исследования является снежный покров.

Цель работы - определение коэффициентов поглощения фотонов в снежном покрове по результатам измерения гамма- фона в приземной атмосфере.

В ходе работы проводились экспериментальные исследования изменения мощности дозы гамма- излучения в зимы 2021-2022 на экспериментальной площадке.

В результате исследований проведен анализ экспериментальных данных измерения мощности дозы гамма- излучения в зимы 2011-2022 на экспериментальной площадке. Разработана методика оценки коэффициента поглощения фотонов снегом.

Область применения: метеорология и радиология, аграрная промышленность и сельское хозяйство.

Экономическая эффективность: предлагаемая методика определения коэффициента поглощения фотонов в снежном покрове является эффективной с точки зрения трудозатратности и бюджета. Большое преимущество данного метода- автоматизированность и дистанционность.

## Содержание

Введение.....	12
1 Обзор литературы .....	13
1.1 Естественный радиационный фон. Связь с климатическими параметрами. .....	13
1.2 Вариабельность естественного радиационного фона на основе данных мониторинга.....	15
1.3 Радиационный мониторинг приповерхностных слоев атмосферы. Мировой опыт, опыт томских исследователей .....	18
1.4 Заключение по разделу .....	21
2 Методы измерения характеристик гамма-фона .....	23
2.1 Газоразрядные счетчики для измерения $\gamma$ - излучения.....	26
2.1.1 Счетчик СБМ-19.....	26
2.2 Сцинтилляционные счетчики радиационного контроля.....	27
2.2.1 Блок детектирования гамма- излучения БДКГ- 03.....	27
2.3 Заключение по разделу .....	28
3 Экспериментальная часть.....	29
3.1 Анализ данных мониторинга климатических и радиационных параметров .....	29
3.2 Исследование влияния снежного покрова на радиационный гамма – фон приземной атмосферы с учетом параметров снежного покрова, в частности плотности снега и толщины снега.....	30
3.2.1 Состав грунта, атмосферы и снега для моделирования .....	31
3.2.2 Геометрия расчета вертикальных распределений ИИ .....	32
3.2.3 Расчет характеристик ИИ с учетом снежного покрова и их вертикального распределения.....	33
3.3 Разработка метода оценки коэффициента поглощения фотонов снегом по результатам определения гамма- излучения приповерхностной атмосферы в зимний период. ....	38
3.4 Заключение по разделу .....	44
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	47

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	47
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	47
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений .....	48
4.1.3 SWOT-анализ.....	51
4.2 Инициация проекта .....	54
4.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	55
4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	55
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения НИР .....	56
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	57
4.3.4 Разработка графика проведения научного исследования .....	58
4.3.5 Бюджет научно-технического исследования .....	59
4.3.5.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования .....	60
4.3.5.2 Расчет амортизации специального оборудования .....	60
4.3.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	61
4.3.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды .....	64
4.3.5.5 Накладные расходы.....	64
4.3.5.6 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования .....	65
4.3.6 Определение ресурсной эффективности исследования .....	65
Выводы по разделу.....	68
5 Социальная ответственность .....	71
5.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности .....	72
5.2 Основные эргономические требования к правильному расположению рабочего места исследователя при работе с ПК .....	73
5.3 Производственная безопасность .....	74
5.3.1 Анализ вредных и опасных факторов .....	74
5.3.2 Отклонение показателей микроклимата .....	76
5.3.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения.....	77
5.3.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны .....	78
5.3.5 Превышение уровня шума .....	80
5.3.6 Психофизиологические факторы .....	81

5.3.8 Воздействие ионизирующего излучения.....	83
5.4 Пожарная и взрывная безопасность.....	85
5.5 Аварийные и чрезвычайные ситуации.....	86
Выводы по разделу.....	88
Заключение.....	89
Список публикаций.....	90
Литературные источники.....	91
Приложение А Сцинтилляционный детектор БДКГ-03.....	97
Приложение Б Разделы на английском языке.....	98

## **Введение**

Несмотря на продолжительные исследования, радиационный гамма-фон атмосферы продолжает являться предметом пристального внимания исследователей. Это связано, конечно, с экологической ситуацией на планете в целом, а также с увеличением техногенного фактора.

Продолжительное исследование и наблюдение за динамикой радиационного гамма-фона показало, что с наступлением зимнего периода радиационный фон снижается. Также было выявлено, что это снижение имеет слабую корреляцию с метеорологическими параметрами, - давлением и температурой. Снижение радиационного фона зависит от характеристик снежного покрова, такими как плотность, высота, которые, в свою очередь, связаны с очень важной характеристикой снежного покрова - водным эквивалентом (W).

Выяснилось, что снежный покров служит своеобразным защитным экраном, который поглощает радиоактивное излучение, которое исходит от поверхности грунта.

**Целью** настоящей магистерской диссертации является определение коэффициентов поглощения фотонов в снежном покрове по результатам измерения гамма-фона в приземной атмосфере.

Цель исследований обусловила решение следующих **задач**:

1. Экспериментальные исследования изменения мощности дозы гамма-излучения в зимы 2021-2022 на экспериментальной площадке.
2. Расчет коэффициентов поглощения фотонов в снежном покрове, используя значения высоты самого покрова.
3. Сопоставление полученных значений поглощения фотонов в снежном покрове с данными по моделированию данной величины.

## **1 Обзор литературы**

### **1.1 Естественный радиационный фон. Связь с климатическими параметрами.**

Естественный радиационный фон является неотъемлемым фактором окружающей среды. Именно ему приписывают решающее воздействие на жизнедеятельность человека. Именно в условиях естественного радиационного фона произошло эволюционное развитие всего живого на земле: растительный, животный мир, человек. Естественному фоновому излучению подвергаются все живые организмы на земле [1-2].

В зависимости от многих факторов, естественный радиационный фон колеблется в достаточно широком пределе. В отдельных районах планеты существуют места с высоким содержанием природных радионуклидов в природных объёмах грунтовых, водных образований и может достигать критических значений (более 1000 мрад/год) [1-2]. На стыке радиационной экологии зародилась наука – радиобиология, которая исследует биологическое значение естественного фона для всего живого на земле. Считаю, что именно с повышенным радиационным фоном связаны возникновение наследственных мутационных изменений у живых организмов.

В связи с важностью опасности, которую представляет собой превышение допустимых норм радиоактивного излучения, необходим контроль и мониторинг основных радиационных параметров.

Главной функцией радиационного контроля является предотвращение воздействия негативного влияния на население и окружающую среду [3-10]. В радиационный контроль входят непрерывные наблюдения за  $\gamma$  – фоном и его изменениями.

Многочисленные исследования [1-10], основанные на наблюдениях и многолетнем мониторингом различных метеорологических параметров и показателей радиационного фона, проводимые как в нашей стране, так и за

рубежом, однозначно приводят к следующему выводу: из всех метеорологических параметров на изменение показателей дозы гамма-излучения наиболее сильное влияние оказывают такие величины, как температура окружающей среды, влажность, атмосферное давление, мощность, тип ветра, направление и роза ветров. Также следует обратить внимание, что огромное влияние оказывает географическое положение региона исследования, а также изменения в литосфере [3-4]. При этом влияющие на радиационную обстановку факторы многочисленны, но все их можно разделить на несколько групп.

Первая группа связана с географическим положением региона исследования. Сюда можно отнести влияние типа, характеристик, направление ветра, характерные для данного региона типы и продолжительности осадков, как в летний период времени, так и в зимний. Сюда можно отнести влияние движения вызванные перемещением водных масс (озера, реки, мировой океан). В данную категорию можно включить и возникающие в литосфере зоны движения, приводящие к изменению потоков подземных газов, в том числе радона, торона из глубин литосферы в атмосферу. Фактически это группа сформирована поверхностными факторами влияния географического положения региона.

Вторая группа включает в себя астрономическую составляющую, в данную категорию можно отнести вклад солнечной радиации, а также вклад галактического излучения. Эта группа включает в себя такие аргументы, как варьирование мощности космического излучения, а также образования вторичного излучения ввиду получения радионуклидов при связи солнечного и галактического излучения с элементами грунта, воздушной атмосферой, водой мирового Океана и др.). Существуют целый ряд исследований, посвященных изучению плотности бета – излучения, а также плотности потока радона, чье влияние оказывает огромное значение, на формирование

дозы населения планеты. Огромное влияние помимо радона оказывает его дочерние продукты распада (ДПР).

Многочисленные исследования [1-10] выявили связь мощности дозы гамма - излучения с влажностью воздуха. В основном уменьшение интенсивности поля излучения наблюдали при высоких показателях влажности: в интервале от 75 до 90 %.

Также обнаружена связь давления и мощности гамма-излучения. Наблюдают максимум мощности поля излучения при низком давлении, но также наблюдали и при очень высоком давлении. И, в связи с этим, требуются дополнительные исследования влияния давления атмосферного воздуха на формирование радиационного фона приземной атмосферы.

## **1.2 Вариабельность естественного радиационного фона на основе данных мониторинга**

Анализ и изучение особенностей атмосферного воздуха является наиболее достоверным показателем природной среды, учитывающим формирование и вариабельность естественного радиационного фона под воздействием антропогенного и естественного фактора.

Необходимость оценки радиоактивной ситуации в приземном слое атмосферы вызвана интересом исследователей с точки зрения радиэкологии и радиобиологии.

Основным природным источником формирования радиационного фона является радон и дочерние продукты его распада, находящиеся в атмосфере в виде аэрозолей.

Наибольший вклад в формирование радиационного фона приповерхностной атмосферы среди атмосферных природных радионуклидов дает радон ( $^{222}\text{Rn}$ ) и его дочерние продукты распада ( $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Bi}$ ). В основном эти радионуклиды оказываются в атмосферном воздухе в результате обмена почвенного воздуха и его составляющих элементов с приземной атмосферой. В этом большую роль играют

геологические процессы, а также процессы, возникающие в приземном слое в результате температурного градиента.

Среди почвенных радионуклидов наиболее весомыми в формировании радиационного фона являются  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Данные радионуклиды представляют большой интерес в изучении и прогнозировании радиационной ситуации.

В российских широтах в основном максимум концентрации  $\text{Be} - 7$  в атмосфере наблюдается в теплое время года, весной и летом. Минимум соответственно в низкотемпературные сезоны. И это обстоятельство чаще всего сопоставляют с сезонным разбавлением тропосферных масс с атмосферными.

Вариабельность радиационного фона является не только пространственной, но и временной. Множество различных экспериментов в различных точках земного шара, не зависимо от широты, долготы и континента достаточно хорошо согласуется с тем выводом, то средний доза мощности гамма-излучения на поверхности Земли составляет приблизительно  $0,047 \pm 0,013$  мЗв/год. Существует очень мало мест на планете, где наблюдается увеличение среднего фона. Так единицы процентов от всего исследуемого количества жителей получают за год от 1 до 1,5 мЗв.

Ну и наконец, в единичных случаях на планете существуют места с аномально высокой радиоактивностью. Среди них можно выделить город Посус-де-Кальдос (Бразилия), где средний уровень радиации превышает более 800 раз, и составляет 200-300 мЗв/год.

Каждое лето небольшой городок Гуарапари с населением 12 тысяч человек посещают 30 тысяч отдыхающих. Уровень радиации в некоторых частях местных пляжей составляет 175 мЗв в год.

Также стоит отметить территорию индийского пляжа, песок которого перенасыщен содержанием радиоактивного тория. Данная территория

является густонаселенной, и достаточно большое количество человек получают превышение по допустимой норме радиоактивности.

Рассмотрим ветряную составляющую. Формирование радиационного фона приземной атмосферы очень сильно зависит от таких факторов, как перемещение воздушных масс, которое напрямую зависит от направления и скорости ветра. Важна как горизонтальная, так и вертикальная составляющая скорости ветра. Особенности ландшафта, наличие водоемов, рек, скорости течения, близость океана, все эти моменты играют немаловажную роль [1-8].

Также на формирование радиационного фона влияет космическая составляющая. Также имеет влияние мощность излучения из космоса, которое так или иначе достигает поверхности нашей планеты, протекание взаимосвязи космического излучения с деталями окружающей среды. На характер изменчивости радиационного поля имеет влияние целый ряд факторов, таких как земля, вода Мирового океана и многое другое. На характер изменчивости поля радиации воздействуют метеорологические факторы, такие как температура воздуха, давление атмосферы, направление и мощность ветра, относительная и абсолютная влажности. В неподвижных воздушных массах в почву обычно впитывается тяжелый радон, концентрация которого максимальна в первых слоях. Если происходит переход из верхнего слоя в более высокий, радон распадается [4-5].

Особенно важную роль в формировании радиационного фона атмосферы играют метеорологические параметры. Сюда следует отнести температуру как грунта, так и атмосферы. Изменения концентрации радона в атмосфере зависят от температурных показателей, таких как средняя температура воздуха, амплитуда колебаний, расхождение температур грунта и атмосферы, атмосферное давление. Наибольшую роль играют погодные условия, водные осадки. Это может быть и снег, и дождь, ливень, морось, и туман. Очень сильно влияет интенсивность и длительность водных осадков [6-10].

### **1.3 Радиационный мониторинг приповерхностных слоев атмосферы. Мировой опыт, опыт томских исследователей**

Существуют множество способов измерения радиационного фона приповерхностной атмосферы. К наиболее распространенным и простым методам сбора данных в радиологических исследованиях относят прямое измерение, сканирование и отбор проб. Данный способ широко применяется как в нашей стране, так и за рубежом. Особое распространение этот способ получил в последнее время в связи с увеличением опасности радиационной катастрофы, связанной с опасностью глобальных аварий и чрезвычайных ситуаций.

Атмосферный контроль радиоактивности используется в качестве системы раннего предупреждения о ядерной чрезвычайной ситуации, потому что самым быстрым естественным переносчиком радионуклидов является воздух. И фактически любая чрезвычайная ситуация сопровождается с выбросов радиоактивных загрязнений в атмосферу.

Повышенное содержание почвенных радионуклидов  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  может привести к повышению радиоактивности воздуха, так как данные радионуклиды являются материнскими продуктами для выделения радона и торона в воздухе.

Очень актуально в настоящее время обнаружение низких уровней загрязнений. Поэтому важно отличать вариации радиационного фона, вызванные естественными причинами (сезонные, пространственные, атмосферные) и вариации радиационного фона, вызванные загрязнениями. Чтобы отличить одно от другого, необходимо выявить закономерности формирования радиационного фона, для того или иного региона [5, 6, 8]. Обнаружение низких уровней загрязнений является очень сложной задачей из-за низкой концентрации радиоактивности. И в первую очередь эти загрязнения касаются обнаружением радиоактивных следов в приземной атмосфере.

Регистрация радиоактивных изменений в атмосферном воздухе необходима для анализа временных и пространственных изменений естественной радиоактивности. Прежде всего это касается радона и продуктов его распада. И вместе с тем интерес вызывает поведение торона. Многолетние измерения радиоактивного фона в нижних слоях атмосферы привели к выводу, что существует существенная корреляция параметров полей радиоактивности с метеорологическими параметрами, такими как температура атмосферы, грунта, влажностью воздушных масс, скоростью и направлением их движения, атмосферным электрическим полем и вертикальным характером воздушного потока.

Количественное содержание радиоактивных веществ в природных объектах - грунте, почве, воде и атмосферном воздухе является радиологической величиной. Которую можно измерять и соответственно контролировать. Для этих целей подойдут полевые и лабораторные исследования.

Для адекватной оценки радиационной обстановки необходимо определить содержание и объемную активность того или иного радиоактивного элемента. Часто радионуклиды или компоненты смеси радионуклидов требуют измерения гамма- и бета - излучений. Для количественного определения каждого такого исследования необходимо определить какую-либо вторичную фазу, а также определить объемную активность компонента. Все параметры определить невозможно, потому что в основном приборная база позволяет измерять определенные параметры. Поэтому для полного исследования необходимо использовать несколько приборных устройств, которые в систему могут дополнять друг друга. Требования к устройствам как правило определяются надежностью и теми условиями окружающей среды, в которых они используются, а также параметрами самого устройства.

Исследования изменений полей гамма - и бета- излучений вызывает интерес к свойствам радионуклидов и ионизирующего излучения, которые с уже достаточно давно активно использовались для изучения динамики процессов в атмосфере и литосфере планеты, а также для прогнозирования природных и техногенных угроз. В настоящее время широкое развитие получили такие науки, как радиобиология, радиэкология, изучающие влияние радиации и ионизирующего излучения на формирование дозы излучения населения и персонала. Данные дисциплины нацелены на анализ влияния фоновых доз воздействия на население и окружающую среду. И для решения этих задач в первую очередь необходимо проводить радиационный контроль приповерхностного слоя атмосферы.

Такая работа давно проводится Томским Национальным исследовательским политехническим университетом совместно с Институтом мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН). На базе ИМКЭС СО РАН была создана экспериментальная площадка, на которой проводится длительный мониторинг радиационных и климатических параметров. В итоге исследовательской деятельности были получены экспериментальные данные: а) выявлены сезонные колебания полей вертикального распределения бета и гамма- излучения; б) выявлено сезонные колебания плотности потока бета и гамма-излучения с увеличением высотных отметок, что обычно происходит с начала весны до поздней осени; в) изменение вертикального профиля зимой; г)  $\beta$  - плотность потока и доза  $\gamma$  – излучения имеют обратную зависимость от расстояния до поверхности почвы.

Ряд исследователей высказывают предположение, что суточные вариации гамма-фона напрямую зависит с суточными вариациями температуры, и связанной с ней влажностью. Температура ночью как правила падает по сравнению с температурой днем, и в утренние часы связи с низкими температурами увеличивается влажность. В дневные часы влага

высыхает, и с поверхности грунта частицы пыли с возможным содержанием радионуклидов попадают в воздух и могут быть отнесены ветром на значительные расстояния в верхние слои атмосферы. Также в течении дня меняется поведение радона. В ночное время в связи с более холодным воздухом атмосферы радон «прибивается к поверхности земли, и это увеличивают уровень фона  $\gamma$  - излучения на нижних уровнях атмосферы. Также было доказано, что величина различных осадков и снега имеет прямую зависимость от вариантов атмосферного фона  $\gamma$  - излучения в течение целых суток и вызывает резкое кратковременные пики (всплески) выборочных показателей полей  $\gamma$  - излучения на десятки и даже сотни единиц в процентном соотношении.

Проводимые исследования учеными Томского национального исследовательского университета в сотрудничестве с Институтом мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН) показали, что максимальные всплески интенсивности дозы  $\beta$  - излучения и плотности потока  $\gamma$  - излучения соответствуют периодам осадков. В исследовании были проанализированы такие аспекты, как общая продолжительность изучаемых всплесков, продолжительность подъема и спада всплесков, их форма. Также проанализированы результаты в зависимости вида и типа детектора, а влияние природных осадков на величину объемной активности радона. Сопоставляли всплески гамма излучения в безоблачные периоды, в периоды солнечных дней, а также в дни с осадками (град, снег, морозь, туман, гроза, ливень). Без сомнения, преобразование  $\gamma$  - излучения при ясной погоде находится в прямой зависимости только от вариаций мощности, при этом сохраняя форму всплеска.

#### **1.4 Заключение по разделу**

В описанной главе магистерской диссертации подробно приведены последние сведения, касаемые особенностей формирования гамма-фона

приземной атмосферы. Рассмотрены факторы, влияющие на динамику и эволюцию гамма-фона, обсуждается зависимость между фоном  $\gamma$  -,  $\beta$  - излучения, а также такими показателями, как атмосферное давление, мощность и характер ветра, влажность атмосферного воздуха и его температура. Обсуждена связь пиков мощности дозы и плотности потока  $\gamma$  -,  $\beta$  - излучения с циклами выпадения различных атмосферных осадков.

## 2 Методы измерения характеристик гамма-фона

Начиная с 2009 года, ТПУ и ИМКЭС было проведено множество научных исследований, включая региональные исследования, для того чтобы оценить связь между толщиной снежного покрытия с изменениями радиационного фона с последующим климатическим изменением. В базу данных информация внесена свободно и доступно, исследования содержат всеобъемлющие и подробные описания климатических данных и самих результатов.

В измерениях  $\gamma$ - ,  $\beta$ - излучения поток плотности (ПП)  $\gamma$ - ,  $\beta$ - излучения как поглощенная доза является индикатором в атмосфере ионизирующего излучения (ИИ). Эти исследования проводились на открытой местности путем регистрации электроэнергии с помощью различных типов детекторов, таких как сцинтилляционные и газоразрядные счетчики на разных высотах (10 см - 35 м).

Томская обсерватория радиоактивности и ионизирующих излучений (ИИ) успешно проводит различного рода испытания, в том числе и изыскания в этом направлении [9]. Вместе с нашими экспериментами моделируется система взаимодействия нужных параметров ионизирующих излучений в зависимости от таких параметров. Как высота измерения над земной поверхностью, а также снежного покрытия. Томская обсерватория подразделяется на лабораторию дозиметрии (здание 10 ТПУ), а также две обширные площадки, прилегающие к РАН, на которых, собственно, и происходят все описываемые эксперименты.

Измерения самых необходимых показателей полей  $\alpha$  -,  $\beta$  - и  $\gamma$  - излучения непрерывного характера анализировались с 2008 года. Мониторинг измерений проводился соответствующим образом на интервалах от 10 см до 35см от поверхности земли, и вглубь земли. Это были выбраны интервалы от 10 см до 5м в глубину массива. Таким образом, тщательно

рассматривалась приповерхностная и глубинная части земли во всех направлениях. Подробный процесс отбора показан на рисунке 1.

С целью проведения вышеописанных экспериментов на территории ИМКЭС имеется в распоряжении специально оборудованная площадка, которая имеет металлический забор, который не допускает проникновения на эту территорию чужаков. Вся площадь, отведенная для экспериментов, просматривается благодаря видеонаблюдению в онлайн – режиме. Лабораторный стенд «AtRad» входит в научно - исследовательский комплекс наблюдений, основу которой составляет стандартная высотная десятиметровая климатическая мачта. Вся территория под особым контролем. По всей области просматривания расставлены метеорологические мачты (длины мачт составляют 10м) в количестве 35 штук, на концах которых зафиксированы приборы для измерения  $\gamma$  – и  $\beta$  – излучений, т. е. газоразрядные счетчики, входящие в комплекс научно-исследовательских изысканий «AtRad». Приборы, регистрирующие необходимые измерения, при отношении коаксиальных кабелей (500м) переводят путем модификации вспышки излучения в форматирование TTL. Все показания максимумов и минимумов, а также текущие измерения, непрерывно вносятся в специализированный восьмиканальный прибор суммарного подсчета. Прибор подсчета работает на создание базы импульсов при непрерывной работе газоразрядных счетчиков, поступающих на плату PCI. Вся информация в конечном итоге поступает на главный компьютер. Газоразрядные счетчики, в количестве 5 штук, которые и выявляют  $\gamma$  – и  $\beta$  – излучения, присоединяются к разным высотным отметкам климатических мачт. Приборы в пластиковых и алюминиевых корпусах присоединены к вершинам мачт, они измеряют только  $\gamma$  - фон [9].

Анализируя быстроту процедуры подсчета измерительных данных важно выделить среди множества измерений так называемый «чистый»  $\beta$  – фон на одном уровне исследуемой территории, т. е. необходимо использовать

ряд времени информационных данных по  $\gamma$  - и  $\beta$  – излучению с действием одного измерения в три минуты. Лаборатории испытаний ПП гамма- и бета-излучения и исследования дозового баланса гамма - излучения во внешних слоях атмосферы с использованием газоразрядных измерителей гамма- и бета- излучения СТС- 6 и СБМ- 19. Интеллектуальные сцинтилляционные детекторы БДПБ- 01, БДППА- 01 (Атомтех, Беларусь) на высотах 10 см , 1, 5, 25, 30 и 35 м над уровнем моря и на глубине 0,1 от земной поверхности; 0,2; 0,5 и 1 м. Для этих целей используется тот же метод. В состав прибора также входит высокочувствительный интеллектуальный сцинтилляционный блок обнаружения гамма - излучения БДКГ- 03 (производства ЗАО «Атомтех», Беларусь) на высоте 1,5м и высоте 25м и глубине 0,5м соответственно. При использовании норм и правил для наилучшего проведения испытания прибор БДППА- 01 допускается использовать с указанным оборудованием, если оно работает в диапазоне температур от -35 до +55 ° С, а также будет работать при критических температурах, а также при стопроцентной относительной влажности. ИИ при поверхности земли- инструменты, прикрепленные к двум погодным полюсам мачты. В то же время интенсивность потоков радона и тория контролируется земной поверхностью. Для достижения этой цели было создано 4 комплекта из 36 запатентованных изобретений, признанных патентами Российской Федерации. Радиометры РРА - 01М - 03 и РГА - 06П (РФ) использовали для анализа активности радона и его изотопов. Этот же материал оказался эффективным для анализа продуктов распада, равновесия радонового эквивалента и коэффициента равновесия радона и его разложения. Они также подходят для измерения потенциала альфа - частиц (РАЕС). В подобных исследованиях широко используются радоновый радиоприемник ЭРОА РАМОН - 01Н казахстанского производства, а также радоновый и тороновый радиоприемник ОА и радиоприемник ДПР РТМ 2200 производства SARAD (Германия). Для наблюдения за изменением активности радона в месте, где нет изменений в атмосфере, NaI (Тl)

сцинтилляционные детекторы хорошо зарекомендовали себя на глубине около 5 м. Устройство подключено к нескольким импульсным анализаторам для контроля импульсов наземного радона и производных распада гамма - излучающих радионуклидов. На рисунке 1 подробно отображена схема эксперимента.



Рисунок 1 – Схема эксперимента измерений.

## 2.1 Газоразрядные счетчики для измерения $\gamma$ - излучения

### 2.1.1 Счетчик СБМ-19

Счетчик БСМ- 19 (Гейгера-Мюллера) необходим для фиксации гамма-излучений в устройствах для измерений дозиметрии и радиометрии.



Рисунок 2 – СБМ-19

Счетчик Гейгера- Мюллера СБМ-19 широко применяется в области радиационного контроля, датчики обледенения, задымленности, а также в дефектоскопии.

### **2.1.2 Счетчик СТС-6**

Самозатухающий цилиндрический счетчик Гейгера- Мюллера СТС- 6 используется для измерения жесткого бета- и гамма- излучения [10].

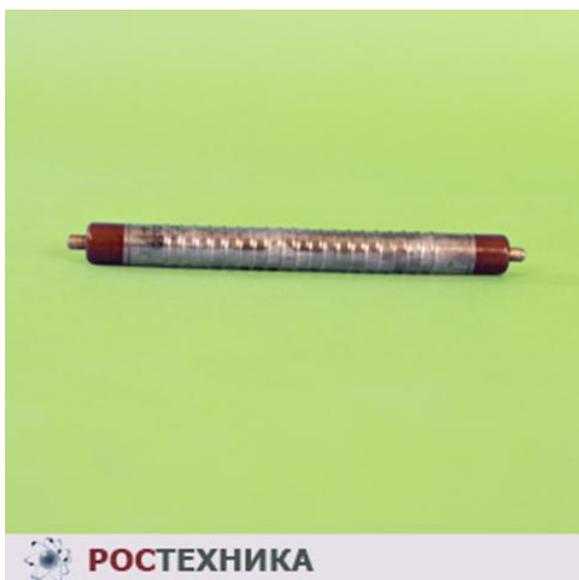


Рисунок 3 – Счетчик СТС-6

Счетчик СТС- 6 применяется в атомной энергетике, при управлении и защите атомных станций, для дозиметрии и экологическом контроле.

## **2.2 Сцинтилляционные счетчики радиационного контроля**

### **2.2.1 Блок детектирования гамма- излучения БДКГ- 03**

Для длительного мониторинга мощности гамма- излучения в своих исследованиях использовались блоки детектирования гамма- излучения БДКГ- 03.

Этот прибор предназначен для обнаружения, идентификации и локализации источников гамма - излучения. Это устройство также подходит для измерения баланса между дозой и гамма - излучением. Диапазон гамма-излучения составляет от 50 кэВ до 3 МэВ.

Детектор имеет чувствительность 350 (имп/ с)/(мкЗв / ч) для  $Cs^{137}$ .

Эти детекторы универсальны. В дополнение к поиску и локализации с помощью ИИ, описанные детекторы умело используются для электронного мониторинга металлических деталей и электронного мониторинга окружающей среды, природно- климатических, техногенных объектов различного назначения, а также сырья, материалов, продуктов питания. С помощью данных детекторов можно успешно осуществлять контроль на предприятиях тяжелой и горной промышленности, а также загрязненных радиацией территориях.



Рисунок 4 – БДКГ- 03.

### **2.3 Заключение по разделу**

В этом разделе обсуждаются основные газоразрядные и сцинтилляционные счетчик для измерения гамма- излучения, которые успешно использовались в исследованиях в рамках данной работы. Краткое описание измерителей СБМ-19, СТС-6 и блоков детектирования БДКГ- 03.

### 3 Экспериментальная часть

#### 3.1 Анализ данных мониторинга климатических и радиационных параметров

На экспериментальной площадке Института мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН) совместно с Томским политехническим университетом (ТПУ) организован мониторинг климатических и радиационных параметров начиная с 2009 по настоящее время.

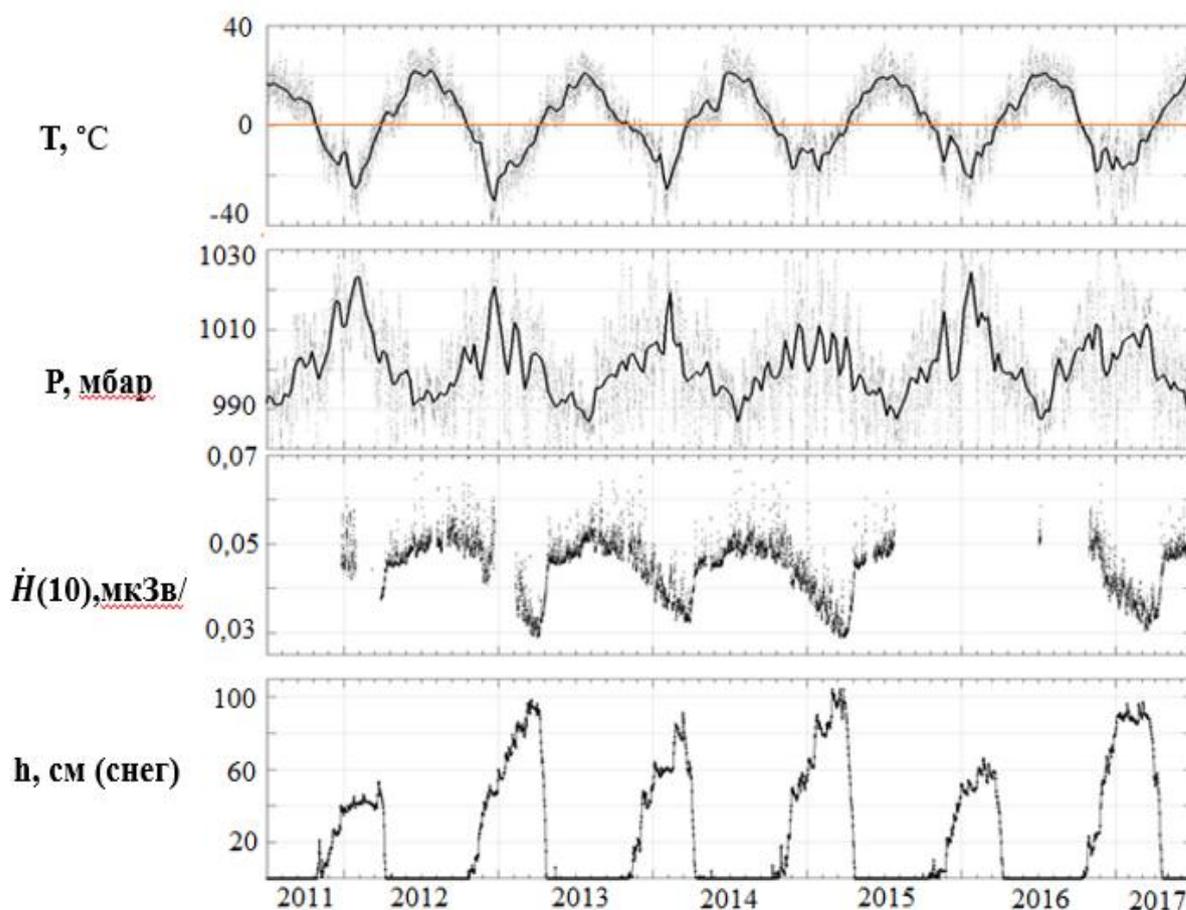


Рисунок 5 – Данные мониторинга климатических и радиационных параметров за период с 2011 по 2017 гг.

Годовые вариации температуры, атмосферного давления, мощности дозы  $\gamma$  – фона, а также толщины снежного покрова представлены на рисунке 5.

Видно (рисунок 5), что переходы к зимнему периоду года сопровождаются уменьшением  $\gamma$  - фона. Данное уменьшение наблюдается ежегодно, с наступлением снегопадов. Данные мониторинга гамма-фона (рисунок 5) напрямую указывают на образование годового хода гамма - излучения и высокую согласованность вариаций между временными интервалами – годами.

Также на рисунке 5 можно наблюдать, что момент снеготаянья также сопровождается с увеличением гамма- фона. Момент снеготаяния соответствует максимальной величине снежного покрова, накопленного за год, и моменту перехода температуры к положительным значениям. Поведение зависимости гамма-фона коррелируют со зависимостью толщины снежного покрова. Также видно на рисунке 5, что пики зависимостей (экстремумы зависимостей) в годовом ходе гамма- фона не совпадают с экстремумами давления и температуры (наблюдается рассогласованность).

### **3.2 Исследование влияния снежного покрова на радиационный гамма – фон приземной атмосферы с учетом параметров снежного покрова, в частности плотности снега и толщины снега**

С помощью разработанной в Томском политехническом университете программы PCLab, основанной на методе Монте- Карло [12-13], были рассчитаны вертикальные распределения в приземной атмосфере характеристик полей ИИ, создаваемые почвенными радионуклидами.

При расчете учитывали параметры вторичного излучения, а также брали во внимание каскадный характер взаимодействия гамма - излучения с атмосферным воздухом.

Зависимости были построены с учетом векового радиоактивного равновесия между родоначальниками рядов и дочерними продуктами их распада. В качестве характеристик полей ИИ рассчитывали такие параметры ИИ, как мощность дозы гамма- излучения.

### 3.2.1 Состав грунта, атмосферы и снега для моделирования

Для расчетов был выбран состав грунта, атмосферного воздуха и снега, близкий к реальным составам, соответствующим нашему региону.

Таблица 1 – Почвенные радионуклиды

$\text{Th}^{232}$	$\text{Th}^{232}$ , $\text{Ra}^{228}$ , $\text{Ac}^{228}$ , $\text{Th}^{228}$ , $\text{Ra}^{224}$ , $\text{Rn}^{220}$ , $\text{Po}^{216}$ , $\text{Pb}^{212}$ , $\text{Bi}^{212}$ , $\text{Tl}^{208}$ .
$\text{U}^{235}$	$\text{U}^{235}$ , $\text{Th}^{231}$ , $\text{Pa}^{231}$ , $\text{Ac}^{227}$ , $\text{Fr}^{223}$ , $\text{Ra}^{223}$ , $\text{Rn}^{219}$ , $\text{Po}^{215}$ , $\text{Pb}^{211}$ , $\text{Bi}^{211}$ , $\text{Tl}^{207}$ , $\text{Po}^{211}$ .
$\text{U}^{238}$	$\text{U}^{238}$ , $\text{Th}^{234}$ , $\text{Pa}^{234}$ , $\text{U}^{234}$ , $\text{Th}^{230}$ , $\text{Ra}^{226}$ , $\text{Rn}^{222}$ , $\text{Po}^{218}$ , $\text{Pb}^{214}$ , $\text{Bi}^{214}$ , $\text{Po}^{214}$ , $\text{Pb}^{210}$ , $\text{Bi}^{210}$ , $\text{Po}^{210}$ .
$\text{K}^{40}$	
$\text{Cs}^{137}$	

Таблица 2 – Состав воздуха атмосферы для выполнения расчетов.

Элемент	Z	A	W, весовая доля элементов вещества
N	7	14,00	0,755
O	8	16,00	0,232
Ar	18	39,95	$1,92 \cdot 10^{-2}$

В таблице 1 приведены почвенные радионуклиды. В таблице 2 приведены элементы, входящие в состав воздуха при моделировании. Состав воздуха приближен к реальному. В таблице 3 приведены элементы и их весовой состав, используемый при расчетах. Весовая доля также приближена к реальным значениям.

Таблица 3 – Состав снега для математического расчета

Элемент	Z	A	W, весовая доля элементов вещества
О	8	16,00	0,9
Н	1	1,00	0,1

При расчетах также учитывался разная плотность снега. Использовали следующие плотности снега: 0.15, 0.25, 0.35 г/см<sup>3</sup>, соответствующие рыхлому, уплотненному и снегу с элементами льда и наледи. Данные значения были выбраны для сравнения расчетных значений с экспериментальными данными.

### 3.2.2 Геометрия расчета вертикальных распределений ИИ

Для расчетов данной задачи рассматривалась цилиндрическая геометрия (Рисунок 6). Был выбран цилиндр, с диаметром в основании равным 400 м. с целью, чтобы максимально учитывать проникающую способность фотонов в столбе воздуха. Внутри данного цилиндра был взят еще один внутренний цилиндр с диаметром 20 м. в основании для того, чтобы снизить влияние краевых эффектов. В основании цилиндра расположен слой грунт толщиной 50 см. Данная толщина также выбрана с учетом того, что известно, что основной вклад в суммарную дозу в атмосфере вносят природные радионуклиды находящиеся не глубже 50 см от поверхности. Над слоем почвы расположен слой снега, толщина которого варьировала от 0,05 до 1,5 м. И далее высота воздушного столба, в котором проводились расчеты была взята 400 м. Геометрия расположения слоев приведена на рисунке 6.

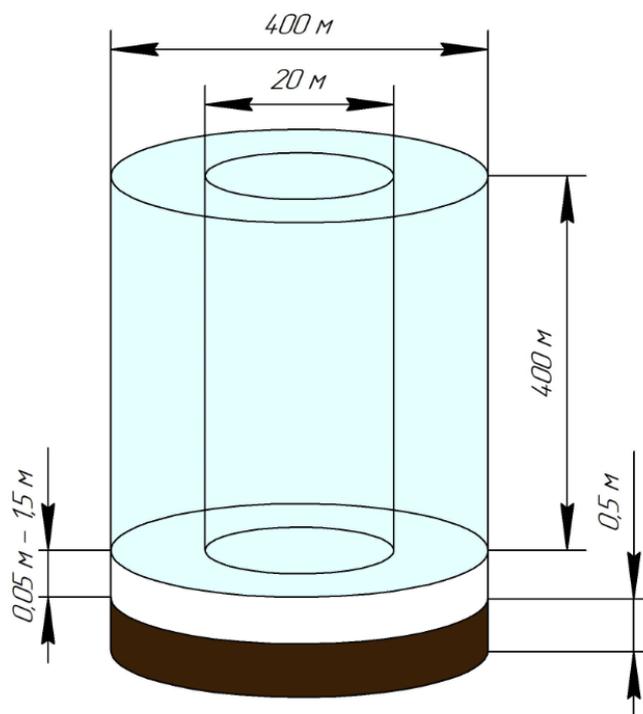


Рисунок 6 – Цилиндрическая геометрия для моделирования: расчеты проводились во внутреннем цилиндре диаметром 20 м и высотой 400 м.

### 3.2.3 Расчет характеристик ИИ с учетом снежного покрова и их вертикального распределения

С помощью программы «Компьютерная лаборатория» [] рассчитали вертикальных распределений характеристик полей ИИ для каждого из тех радиоактивных элементов, указанных при математическом расчете в таблицах 1, 2 и 3.

Все результаты, полученные в расчетах на единичную активность радионуклидов (1 Бк/кг), для удобства восприятия были объединены в пять групп. В первую группу вошел  $K^{40}$ , во вторую -  $Cs^{137}$  и крупные группы, объединяющие ряды: третья - ряд  $U^{235}$ , четвертая - ряд  $U^{238}$  и, наконец, пятая группа - ряд  $Th^{232}$ .

Для целостного исследования, необходимо пересчитать удельную активность радионуклидов на их реальные значения. Для этого использовали следующее выражение:

$$\dot{D} \frac{\text{мкГр}}{\text{ч}} = \dot{D} \frac{\text{мкГр}}{\text{распад}} \cdot \rho \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot V \text{ м}^3 \frac{A_{\text{уд}} \text{ Бк}}{\text{кг}}$$

Где:  $V = \pi r^2 h$ ,

$h$  – высота грунта, см,

$V$  – объем источника, м<sup>3</sup>,

$r$  – радиус источника, см,

$\rho$  – плотность источника, кг/м<sup>3</sup>,

$A_{уд}$  - удельная активность источника, Бк/кг.

Значения удельной активности <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K и <sup>137</sup>Cs в грунте толщиной 50 см были приняты 26; 345 и 10 Бк/кг соответственно, что близко к средним реальным значениям на территории Сибирского региона.

На рисунках 7, 8 и 9 приведены зависимости мощности дозы  $\gamma$ -излучения от толщины снежного покрова на различных высотах. Были выбраны высоты 25 м, 10 м и 1 м.

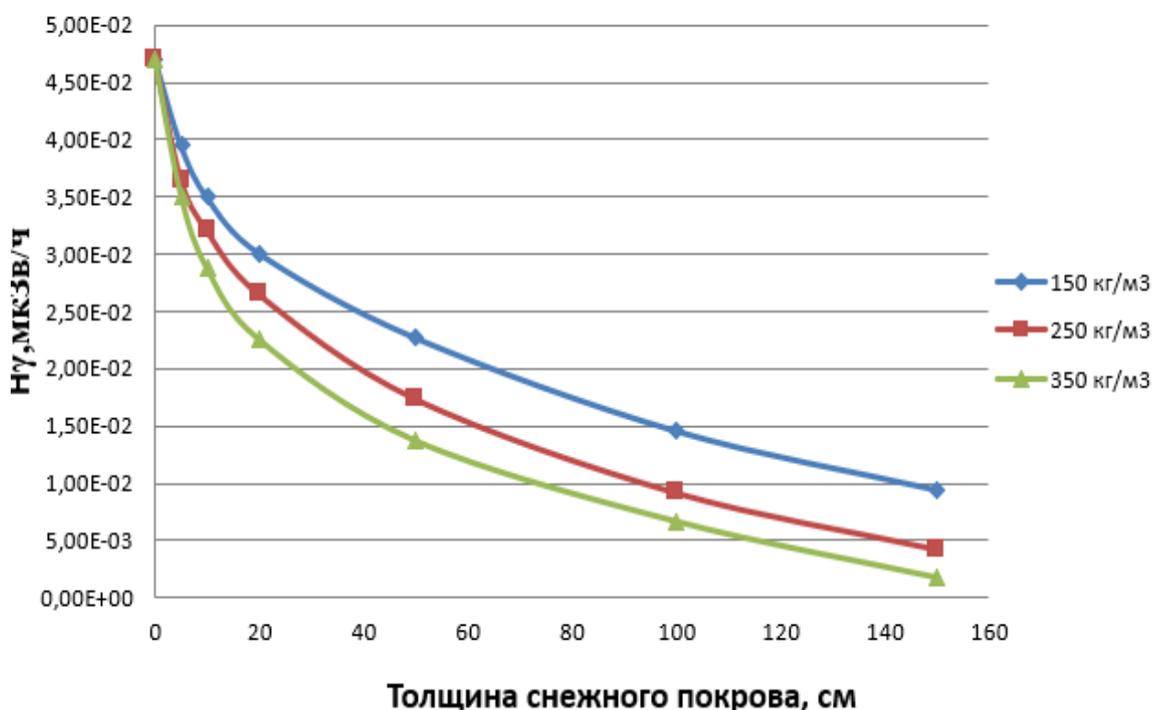


Рисунок 7 – Мощность дозы гамма-излучения в зависимости от толщины снежного покрова, при разных плотностях снега на высоте 25 м

Такие значения были выбраны из тех соображений, чтобы можно было сравнить с результатами мониторинга. Именно на таких высотах от

поверхности грунта установлены интеллектуальные детекторы излучения на экспериментальной площадке ТОРИИ.

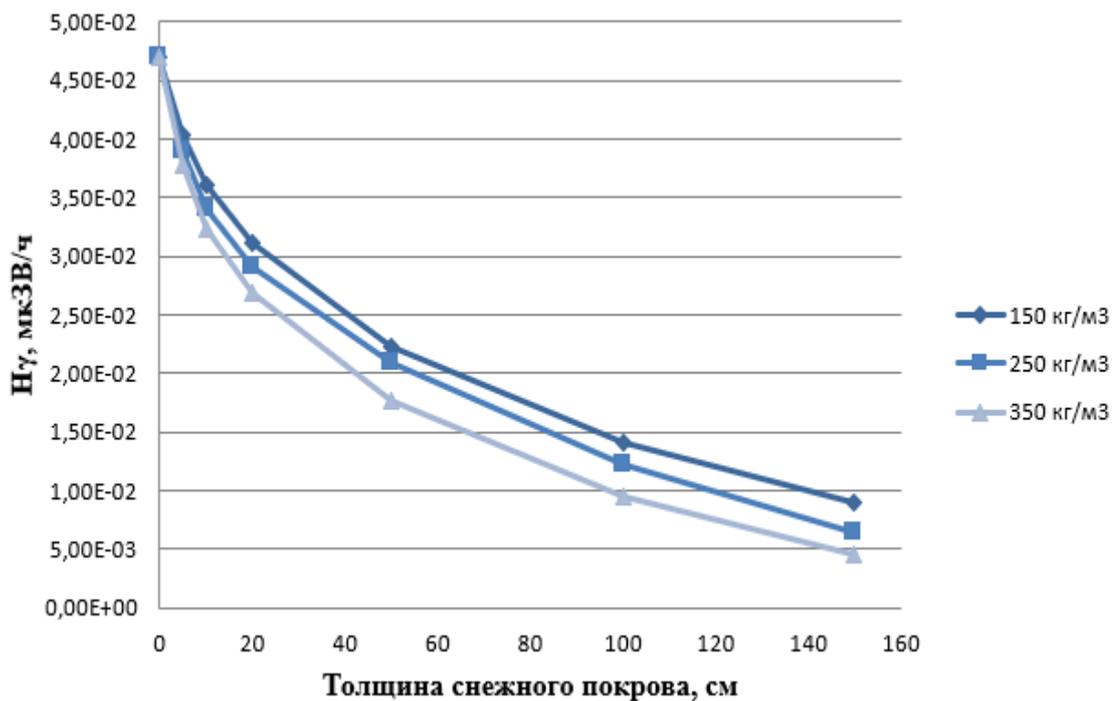


Рисунок 8 – Мощность дозы в зависимости от толщины снежного покрова, при разных плотностях снега на высоте 10 м

Из рисунков 7-8 видно, что увеличение толщины снежного покрова экспоненциально снижает мощность дозы гамма-излучения. Это обстоятельство весьма важно, так как при анализе данных мониторинга логично предположить линейную зависимость между данными величинами. Также на рисунках 8-9 видно, что уплотнение снега также приводит к снижению гамма-излучения. Таким образом, увеличение плотности снега приводит к ослаблению поля гамма-излучения.

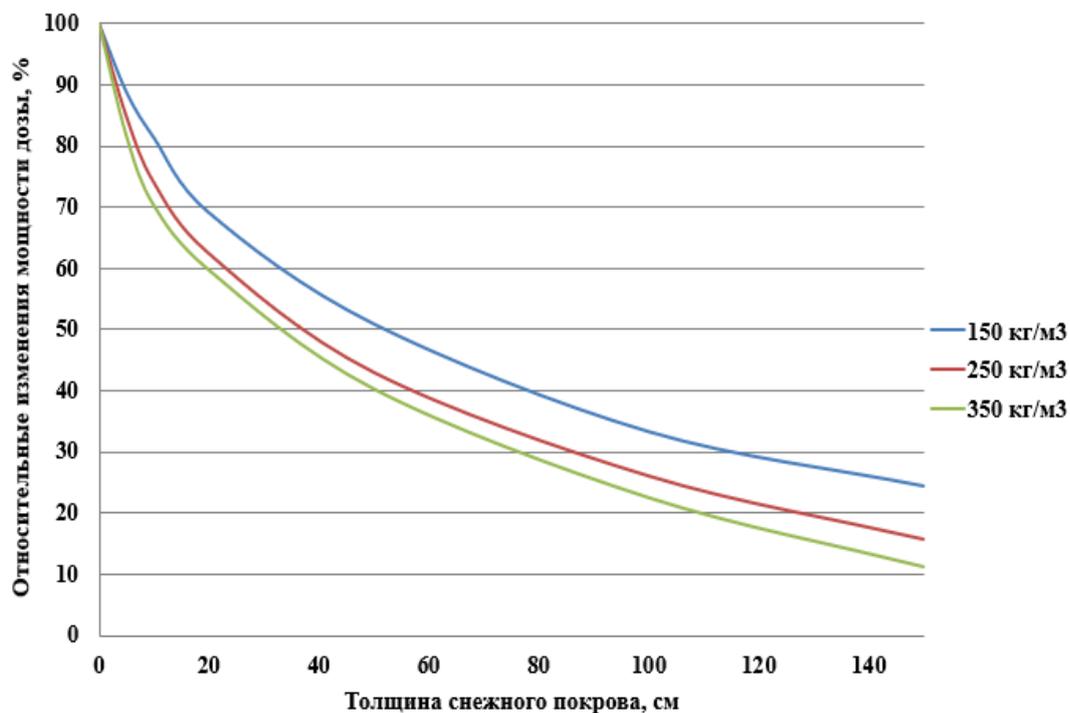


Рисунок 9 – Мощность дозы в зависимости от толщины снежного покрова, при разных плотностях снега на высоте 1 м

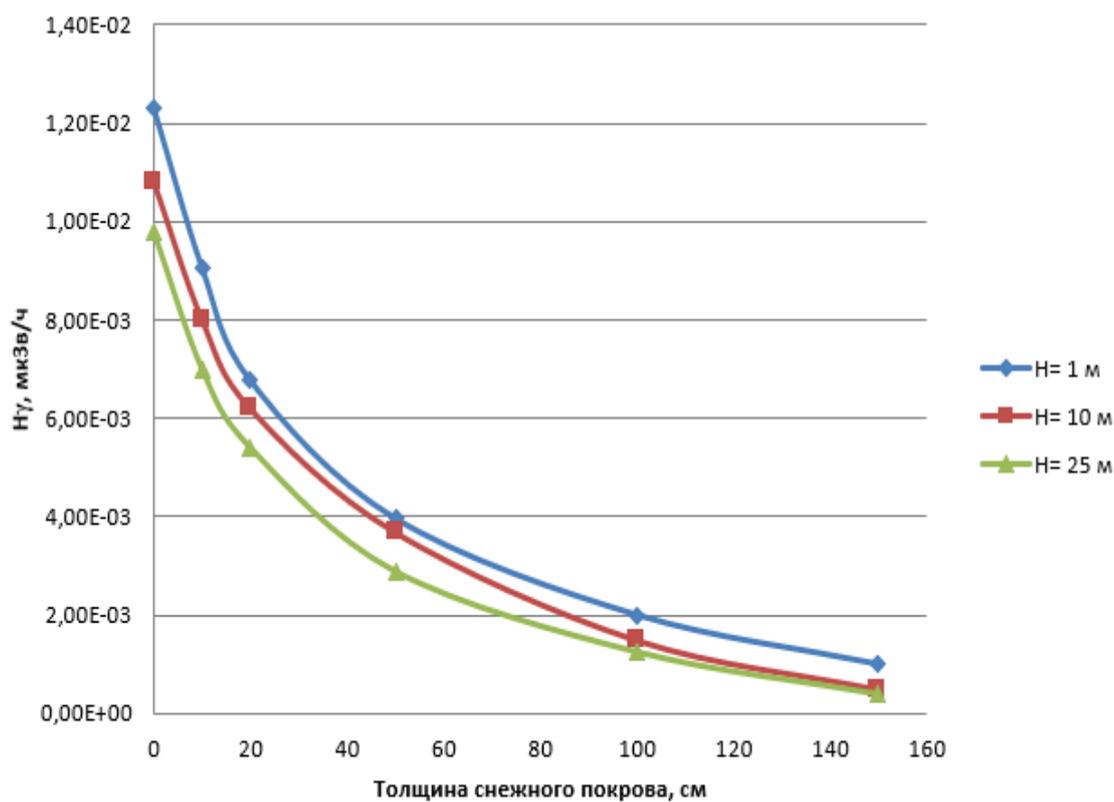


Рисунок 10 – Мощности дозы  $\gamma$ - излучения в зависимости от толщины снежного покрова на высотах 1 м, 10 м и 25 м для К- 40

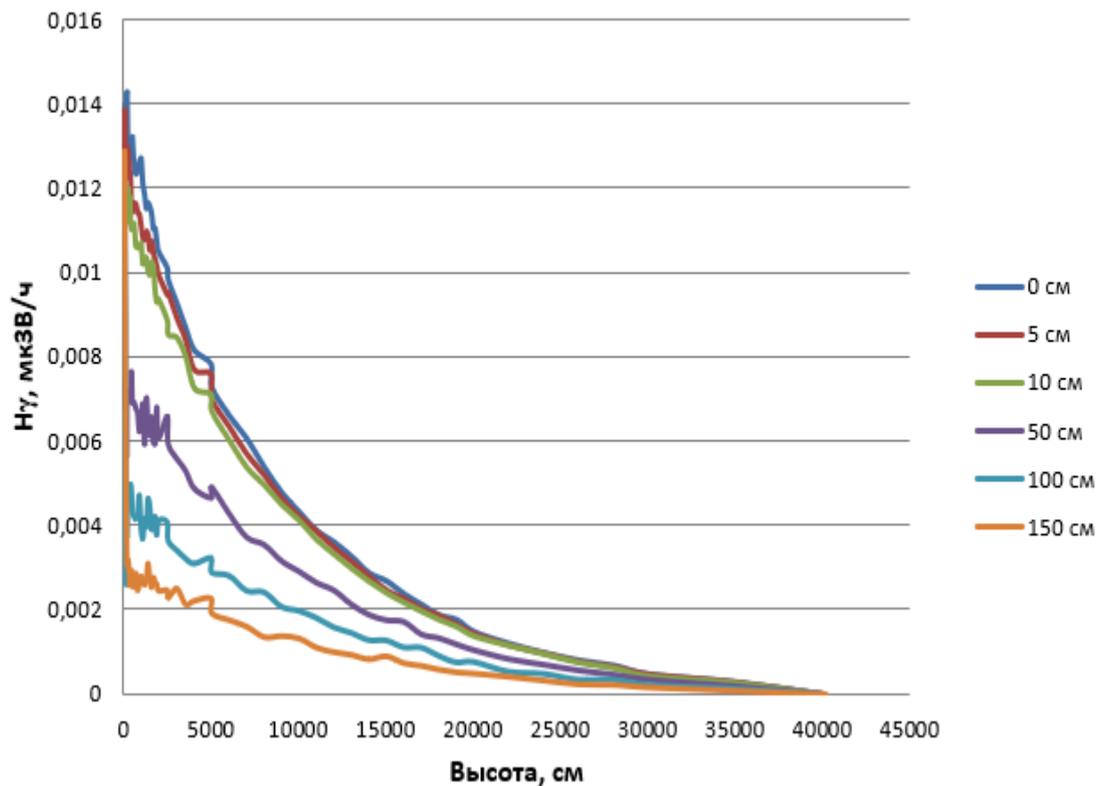


Рисунок 11 – Мощности дозы  $\gamma$ - излучения в зависимости от высоты от земной поверхности при разной толщине снежного покрова для К- 40 и плотности снега  $150 \text{ кг/м}^3$

Были проведены расчеты вертикальных распределений характеристик ИИ в зависимости от толщины снежного покрова для радиоактивного элемента К-40. Данные зависимости приведены на рисунке 10. И рисунок 10 демонстрируют, что не зависимо от высоты счета наблюдается экспоненциальное снижение с увеличением высоты снега. Данное предположение подтверждается зависимостью характеристик ИИ построенных от высоты наблюдения, приведенной на рисунке 11. Расчеты провели для снега, различной толщины. Все расчеты подтверждают наши предположения, что плотность снега и его толщина играют существенную роль в снижении формирования радиационного фона приземной атмосферы.

Рассматривая подробнее приведенные в результате экспериментов графики зависимостей дозы  $\gamma$ - излучения от мощности снежного покрова, от высотной отметки измерения, а также от плотности самого снега, можно

заклучить, что снег является очень важным элементом природной системы, влияющим на формирование радиационного фона приземной атмосферы, при этом является весьма эффективным поглотителем  $\gamma$ -фона. Установлено, что снег толщиной в 10 см снижает гамма-фон на 25%, 20 см толщина снега - на 50 %, и наконец полуметровый сугроб снижает на 72%.

Полученную зависимость мощности дозы гамма-излучения обозначим  $\dot{H}_1^{z=1}(W)$ . Индекс  $z=1$  означает, что данное значение гамма-излучения создается на высоте 1 м от поверхности земли почвенными радионуклидами, находящимися в почве. Считаем, что данная величина зависит не только от высоты снежного покрова, но и напрямую от плотности снега. Величина, одновременно включающая эти две величины, является влагозапасом снежного покрова  $W$ .

Значения влагозапаса задавали от 0 см до 20 см с шагом 5-10см. Рассчитанная зависимость  $\dot{H}_1^{z=1}(W)$  аппроксимировали экспоненциальной функцией следующего вида:

$$\dot{H}_1^{z=1}(W) = \dot{H}_1^{z=1}(W = 0)\exp(-\mu \cdot W) \quad (2)$$

Линейный коэффициент ослабления излучения  $\mu$  был определен из выражения (2), который составил  $\mu = 3,8 \text{ м}^{-1}$ .

Полученная величина хорошо согласуется с литературными данными [10], что говорит о достоверности результатов моделирования.

### **3.3 Разработка метода оценки коэффициента поглощения фотонов снегом по результатам определения гамма-излучения приповерхностной атмосферы в зимний период.**

Анализируя раздел 3.1 экспериментальной части диссертации, можно делать выводы о том, что межсезонные колебания гамма-фона синхронно совпадают с возрастанием толщины снежного покрова.

Пик мощности гамма излучения соответствует моменту снеготаяния, когда влагозапас, соответствующий максимальной толщине снега, достигает своего пикового значения. Вышеописанные результаты моделирования

вертикальных распределений ИИ, образованное присутствие  $m$  в почве радионуклидов, с помощью метода Монте-Карло, выявило, что снежный покров является важной характеристикой экосистемы планеты, влияющей на формирование гамма-фона, и по сути своей является поглотителем фотонов.

В ходе накопленных в течении многих лет наблюдений за гамма-фоном приземной атмосферы, которые проводились на специальной экспериментальной площадке Томской обсерватории радиоактивности и ионизирующих излучений (ТОРИИ), позволило обнаружить четкие закономерности в характере проявления характеристик ИИ и представить метод оценки коэффициента поглощения фотонов снежным покровом.

В настоящей магистерской диссертации предлагается методика для оценки коэффициента поглощения фотонов снегом. Для оценки коэффициента поглощения фотонов снегом необходимо сделать два замера мощности гамма-излучения. Для достоверности результатов измерения необходимо осуществлять в одно и той же географической точке, на одной и той же высоте. Так как ранее было показано, что мощность дозы гамма излучения уменьшается с удалением от земной поверхности. Одно измерение необходимо сделать до начала снегопадения, то есть глубокой осенью. Второе измерение необходимо выполнить весной, когда толщина покрова достигнет своего максимального значения. Наилучший период - перед началом снеготаяния, когда температура окружающей среды достигнет плюсовых значений. Одно из важных условий, перед измерением должен быть бездождевой (безснеговой) период длительностью не менее 3,5 часа.

Коэффициент поглощения фотонов в снеге в этом случае можно определить из следующего соотношения:

$$\mu = \frac{\ln(\dot{H}_1/\dot{H}_2)}{W}, \quad (3),$$

где:  $\mu$  – линейный коэффициент ослабления излучения, 1/м;

$W$  – величина влагозапаса в снежном покрове, м;

$\dot{N}_1$  и  $\dot{N}_2$  – мощности дозы гамма-излучения до выпадения снега и перед началом снеготаяния, соответственно, Зв/с;

В литературном обзоре было показано, радиационный фон формируется за счет нескольких источников: радионуклиды, находящиеся в атмосфере (радон, торон и ДПР), почвенные радионуклиды (уран, радий и ДПР, калий, цезий и др.) и наконец, космическая компонента [11-13].

Большое влияние на количество радионуклидов, находящихся в атмосфере влияет коэффициент перемешивания воздушных масс, который определяется как коэффициент турбулентности. Чем выше данный коэффициент, тем более высокая подвижность у радиоактивных компонентов, находящихся в воздухе атмосферы. Оценки показали, что при низких коэффициентах турбулентности, радон и его дочерние продукты распада могут давать значительный вклад в общую картину формирования мощности дозы гамма –излучения. Различные исследователи определяют в среднем около 20-22 % [10-14]. И наоборот, при высоких коэффициентах турбулентности, наблюдают высокую степень перемешивания воздушных масс, и вклад атмосферных радионуклидов оказывается минимальным. Коэффициент турбулентности изменяется, как правило, в течении суток. Минимальные значения наблюдаются в основном в ночное время, а максимум возникает в дневные часы. Данное обстоятельство связывают с эффектом прогрева земной поверхности, и возникновением температурного градиента. Такая закономерность наблюдается в основном в теплые времена года [14].

В зимний период количественное содержание атмосферных радионуклидов гораздо ниже, что обусловлено формированием на земной поверхности слоя снега, а также ледяной корки в приповерхностном слое почвы. Данные образования задерживают выход радона из грунта и соответственно содержание его и ДПР радона значительно снижается по сравнению с содержанием в летний период [10-15].

Космическая компонента, в состав которой входит солнечная и галактическая радиация, в средних широтах нашего региона незначительна, и может достигать единиц % на высоте 50 и выше метров [11-14]. Поэтому космической компонентой можно пренебречь.

В связи с вышесказанным, можно сделать вывод, что существенный вклад в формирование гамма –фона приземной атмосферы осуществляют только радионуклиды, находящемся в приземном слое почвы [10-14].

В литературном обзоре было показано, что осадки вымывают ДПР распада из атмосферы, поэтому во время дождя наблюдается значительное увеличение параметров радиационного поля атмосферы. Этот эффект описали в литературе как вымывание аэрозолей из атмосферы [16]. Рост мощности дозы гамма излучения наблюдают сразу же после начала дождя. И с окончанием его, гамма фон начинает сразу же экспоненциально снижаться, что связано с распадом дочерних продуктов распада, осажденных на грунт. Как правило, необходимо не менее 7 периодов полураспада, чтоб все продукты распада радона, оказавшиеся на поверхности земли распались, а это как раз то и связано, что измерение должно быть выполнено не менее чем через 3 с половиной часа после выпадения осадков.

Абсолютно не важно на какой высоте производить измерение, но для достоверности и первое и второе измерение должно быть выполнено на одной высоте.

Влагозапас снежного покрова можно измерить любым известным способом или методом. В настоящей магистерской диссертации значение влагозапаса мы взяли из открытого источника [17]. Данные о ежедневных осадках суммировались начиная с даты снегопадения до даты снеготаяния. Конечная цифра соответствует влагозапасу снежного покрова в томском регионе.

Описание эксперимента:

Итак, предлагаемый способ определения линейного коэффициента ослабления гамма-излучения  $\mu$  в снежном покрове является не сложным, потому как достаточно провести только лишь два экспериментальных измерения мощности дозы гамма- излучения в отсутствии снежного покрова, а также перед началом снеготаяния.

Итак, для проведения необходимых экспериментов для нахождения коэффициента ослабления излучения  $\mu$  снегом по измеренной интенсивности дозы гамма- излучения выбрали территорию, расположенную близ института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН города Томска.

Как писалось выше, максимум турбулентности атмосферы наблюдается, как известно, в дневные часы [14], поэтому время начала проведения измерений  $\dot{N}_1$  и  $\dot{N}_2$  было выбрано 14:00 часов.

На рисунке 12 а показаны данные мониторинга зависимости мощности дозы гамма-излучения, экспериментально полученные на экспериментальной площадке ТОРИИ с использованием сцинтилляционных детекторов БДКГ-03. Датчики были установлены на высоте 1, 5 и 25 м (соответствуют линиям, обозначенные цифрами 1, 2, 3). Ниже на рисунке 12б приведены зависимости высоты снежного покрова за этот же временной интервал.

Далее приведены температурная зависимость (рисунок 12в), и зависимость влагозапаса (рисунок 12 г), который достигает максимального значения к моменту снеготаяния. Момент снеготаяния совпадает с переходом температурной зависимости в плюсовые значения.

Величины высоты снежного покрова и количества снежных осадков брали в открытом источнике [17].

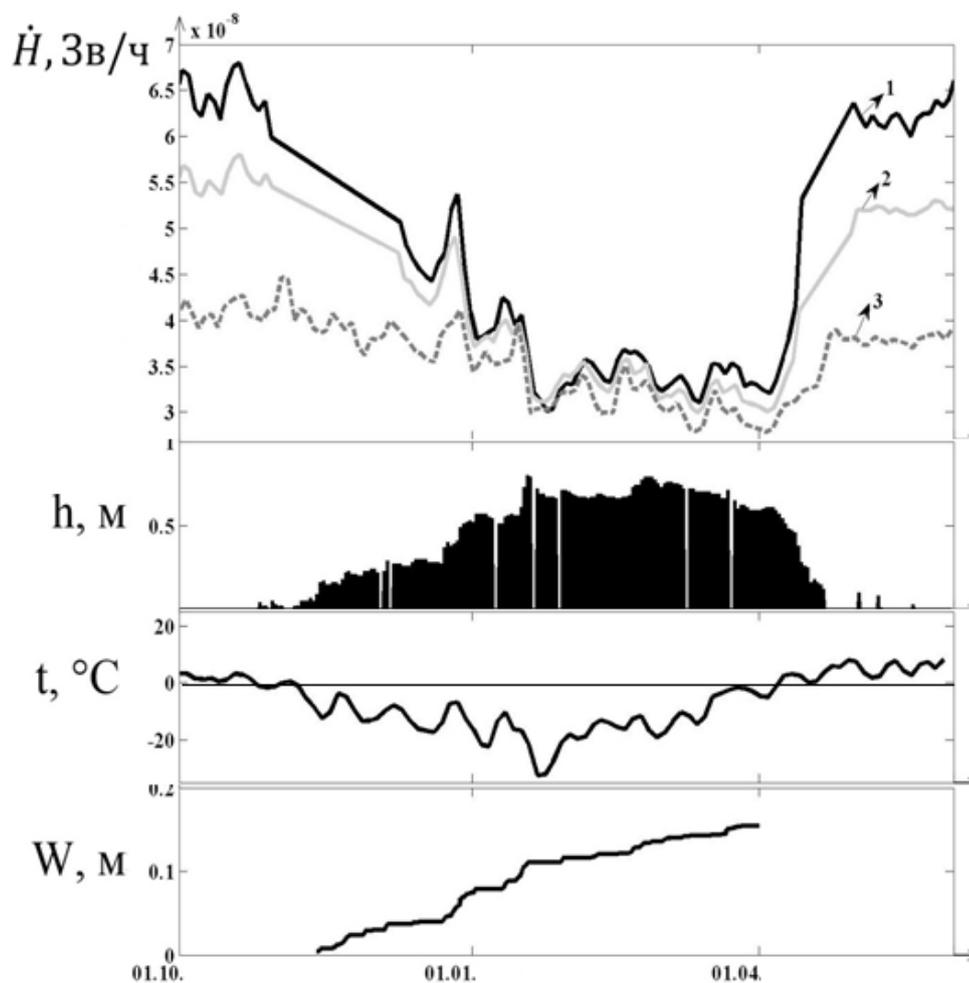


Рисунок 12 – Зависимости мощности дозы гамма-излучения на высоте 1, 5 и 10 м (а), высоты снежного покрова (б), температуры воздуха (в), влагозапаса (г).

Итак, первое измерение мощности дозы гамма-излучения было сделано 24 октября на высоте 1 м от поверхности грунта. Значение мощности дозы составило  $\dot{H}_1 = 6,3 \cdot 10^{-2}$  мкЗВ/ч ( $1,75 \cdot 10^{-11}$  ЗВ/с) (графики а) на рисунке 12.

Анализируя динамику атмосферной температуры по данным сайта ООО «Расписание Погоды» [17], а также учитывая метеорологические прогнозы, было определено, что после 26 марта 2018 г. начнется таяние снега (графики б) на рисунке 12). На графиках в) на рисунке 12 видно, что произошел переход среднесуточной атмосферной температуры из области отрицательных значений в область положительных.

В момент снеготаяние, которое началось 26 марта, было произведено второе измерение мощности дозы гамма-излучения на высоте 1 м от поверхности грунта. Значение интенсивности дозы составило  $\dot{H}_2 = 3,4 \cdot 10^{-2}$  мкЗв/ч ( $9,44 \cdot 10^{-12}$  Зв/с) (графики а) на рисунке 12).

Был определен влагозапас снежного покрова, который к моменту снеготаяния достиг до значения 0,162 м.

Пользуясь формулой, был определен линейный коэффициент поглощения гамма-излучения снегом из выражения (1), который составил:

$$\mu = \frac{\ln(1,75 \cdot 10^{-11} / 9,44 \cdot 10^{-12})}{0,162} = 3,8 \text{ (1/м)}.$$

Полученное путем эксперимента значение коэффициента поглощения гамма-излучения снегом очень хорошо соответствует результатам моделирования (см. раздел 3.2.5), а также с известными литературными данными [10], что говорит о большой доле достоверности предлагаемого метода оценки коэффициента поглощения снегом.

### **3.4 Заключение по разделу**

В заключение можно сказать, что моменты снеготаяния, соответствующие максимуму величины снежного покрова, накопленного за годовой период времени, весомерно коррелируют со снижением гамма-фона. Также видно (рисунок б), что экстремумы в годовом ходе гамма-фона не совпадают с экстремумами давления и температуры.

Снег, как подтверждается экспериментами, является сильным поглотителем  $\gamma$ -фона. При толщине снега в 10 см атмосферный гамма-фон снижается на 25 %, при толщине снега 20 см – на 50%, а при 50 см снега – на 72%.

Моделирование и анализ воздействия высотной отметки снежного покрова на возникновения гамма – фона пригрунтового слоя атмосферы дало возможность дать оценку линейного коэффициента поглощения гамма-излучения снежным покровом, коэффициент составил величину  $3,8 \text{ м}^{-1}$ .

Такой результат отлично согласуется с известными литературными данными [10].

Методика моделирования оценки коэффициента поглощения фотонов снегом, предложенная данной магистерской диссертацией, является сравнительно не сложной и не трудоемкой. Чтобы определить коэффициент поглощения фотонов нам достаточно два измерения интенсивности дозы гамма-излучения до и после выпадения снежных осадков. Для вычислений нам необходимо знать величину влагозапаса данного слоя снега. И, как выясняется, выполнив все необходимые вычисления, полученный результат приемлемо согласуется с данными моделирования (см раздел 3.2), а также с известными литературными данными [10].

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

Студенту:

Группа	ФИО
0AM13	Петраковой Наталье Владимировне

Школа	ИЯТШ - 1	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	14.04.02 Ядерная физика и технологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 100 000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 55 000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 5 баллов из 6
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставки руководителя и студента

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

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	– расчет конкурентоспособности – SWOT-анализ
2. Разработка устава научно-технического проекта	– составление плана
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	– проведение работ – выбор оптимальных вариантов
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	– расчет эффективности – оценка конкурентоспособности

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

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Матрица SWOT
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
7. Потенциальные риски

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM13	Петракова Наталья Владимировна		03.05.2023г

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

### **Введение**

Основная цель раздела – оценка перспективности развития и планирование финансово - коммерческой ценности конечного продукта, представленного в рамках научно - исследовательской программы. Коммерческая ценность данного проекта определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, как быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его рыночная цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Раздел предусматривает разработку следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала исследовательской разработки;
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Финансовый расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В зимний период времени было замечено снижение  $\gamma$ - фона. В основном это связано с изменением таких характеристик, как давление и температура. В представленной работе было исследовано влияния снежного покрова на динамику радиационного фона. Заинтересованность в данном проекте могут проявить всевозможные метеорологические и геологические

организации, научно - исследовательские институты, а также оперативные радиологические службы.

Для оценки коэффициента поглощения фотонов достаточно два измерения мощности дозы  $\gamma$  - излучения до и после выпадения осадков. А также необходимо знать влагозапас данного слоя снега. Выполненная оценка хорошо согласуется с данными моделирования. Разработанная методика оценки коэффициента поглощения фотонов снегом менее трудоемка по сравнению с другими методами исследований.

На основании вышесказанного построена карта сегментирования рынка услуг.

Таблица 13 – Карта сегментирования рынка услуг

		Организации		
		Метеорологические и геологические	НИИ	Оперативные радиологические службы
Область применения	Результаты научно-исследовательской работы			
	Возможность оценивать и прогнозировать влагозапас			

Анализируя карту сегментации, можно говорить о том, что больше всего использование предложенной методики будут иметь метеорологические, геологические, различные НИИ и радиологические службы. И область применения будет задействована как оценка исследовательской работы, а также оценка прогноза влагозапаса.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для того, чтобы найти источники финансирования проекта, необходимо, во- первых, определить коммерческую ценность работы. Анализ конкурентоспособных технических решений с точки зрения

ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет оценить сравнительную эффективность научных разработок. Этот анализ целесообразно проводить с использованием оценочной карты.

Мониторинг и измерение уровня радиации в окружающей среде сегодня стали очень важным фактором в нашем мире, и это может быть достигнуто с помощью соответствующего устройства или оборудования, известного как детектор радиации. Сцинтилляционные детекторы в основном используются для измерения радиации на открытом воздухе, и, в основном, зависят от условий окружающей среды. Поскольку детекторы излучения разрабатываются чаще всего, важно найти наиболее эффективный и точный метод оценки правильного алгоритма расчета мощности дозы  $\gamma$  - излучения до и после выпадения осадков, с учетом низкой стоимости. Этот алгоритм должен уметь рассчитывать мощность дозы облучения как на низком, так и на высоком уровне. В данной работе был выбран метод с очень низкими затратами для исследования мощности дозы  $\gamma$  - излучения до и после выпадения осадков, который можно использовать для расчета методики.

Сцинтилляционный детектор БДКГ- 03 был использован потому, что именно он используется в ТПУ для контроля гамма- излучения. Проведенный эксперимент показал, что сцинтилляционный детектор БДКГ-03 является наиболее чувствительным к радиационному фону дозиметрическим методом, поскольку имеет меньшее стандартное отклонение по сравнению с газоразрядным счетчиком.

Для детального анализа конкурентных технических решений были взяты экспериментальные детекторные измерения. Позиция разработки и конкурентов оценивается 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 единицу [17].

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (3)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$  – го показателя;

$B_{к1}$  – измерения детекторами [17];

$B_{ф}$  – измерения разрабатываемого проекта;

$\Phi$  – разрабатываемый проект;

$K_1$  – данные по исследованию конкурента.

Определены следующие технические критерии оценки:

- Достоверность полученных данных.
- Отсутствие влияния атмосферных условий на эксперимент.
- Безопасность проведения эксперимента.
- Простота проведения эксперимента.
- Время наработки данных.
- Наличие дорогостоящего оборудования.

Помимо технических критериев оценки ресурсоэффективности определены также и экономические критерии оценки:

- Финансирование научной разработки.
- Стоимость реализации проекта – оценка финансовых затрат на реализацию проекта.
- Конкурентноспособность – соотношение достоинств и недостатков различных способов обеспечения.

Таблица 14 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>к1</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Достоверность полученных данных	0,3	4	1,2	1,2	
2. Отсутствие влияния атмосферных условий на эксперимент	0,15	3	0,75	0,45	
3. Безопасность проведения эксперимента	0,1	3	0,4	0,3	
4. Простота проведения эксперимента	0,12	4	0,6	0,48	
5. Время наработки данных	0,1	3	0,3	0,3	
6. Наличие дорогостоящего оборудования	0,05	3	0,25	0,15	

Таблица 15 – Экономические критерии оценки эффективности

1. Финансирование научной разработки	0,05	2	0,25	0,1
2. Стоимость материалов	0,1	2	0,5	0,2
3. Конкурентоспособность	0,03	4	0,12	0,12
<b>Итого</b>	1	-	4,37	3,3

В ходе проведения анализа конкурентных технических решений была составлена таблица (оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений). Из таблицы видно, что моделирование процесса наиболее ресурсоэффективно в отличие от проведения экспериментальных измерений детекторами. Дальнейшее инвестирование данной разработки можно считать целесообразным.

#### 4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского 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[17].

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей.

Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию. Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

В таблице представлен SWOT-анализ в виде таблицы, так же показаны результаты пересечений сторон, возможностей и угроз. Таблица 16 – SWOT-анализ

Таблица 16 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>–С1. Достоверность полученных данных; –С2. Новизна научного исследования; –С3. Расширение границ применимости; –С4. Безопасность проведения исследования.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>– Сл1. Отсутствие финансирования; – Сл2. Большой срок обработки результатов; –Сл3. Отсутствие осведомленности об исследованиях данного типа.</p>
<p>Возможности:</p> <p>–В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. –В2. Новизна исследования приведет к появлению заинтересованных сторон.</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. 2. Приоритет к данному исследованию по сравнению с конкурентами за счет осуществления должной надежности и безопасности.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</p> <p>1. Отсутствие большого числа заказов на проведение исследований. 2. Усовершенствование <math>\gamma</math>-детекторов приведет к снижению погрешности измерения.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>– У1. Высокая конкуренция из-за модернизации других приборов; – У2. Отсутствие финансирования со стороны университета.</p>	<p>1. Высокая достоверность в совокупности с невысокой стоимостью данных значительно повышает конкурентоспособность; 2. Преимущество перед конкурентами за счет новизны идеи.</p>	<p>1. Стагнация исследований из-за отсутствия финансирования.; 2. Уменьшение стоимости <math>\gamma</math>-детекторов позволит закупить дополнительное количество детекторов для расширения области измерения мощности дозы, что приведет к повышению спроса на данную методику.</p>

Для выявления степени необходимости проведения стратегических изменений была построена интерактивная матрица, представленная в таблице 6.

Таблица 17 – интерактивная матрица

Сильные стороны научно–исследовательского проекта					
		С1	С2	С3	С4
Возможности	В1	+	+	0	+
	В2	-	+	+	-

Исходя из данных интерактивной матрицы, можно сделать вывод, что сильные стороны проекта связаны с возможностями внешней среды и благодаря им проект может быть реализован и востребован на рынке.

#### 4.2 Инициация проекта

Цель проектной работы – определение коэффициентов ослабления излучения по результатам измерения гамма - излучения в приземной атмосфере. Работа нацелена на разработку методики оценки коэффициента поглощения фотонов в снеге, используя результаты измерения радиационного гамма – фона приповерхностной атмосферы. Для того чтобы узнать в каком направлении проводить исследования, был проведен анализ потребителей.

Целевым рынком данного исследования будут являться научные, метеорологические и геологические учреждения.

Таблица 18 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ ИЯТШ	Моделирование и анализ результатов научно-исследовательской работы
Метеорологические и геологические учреждения	Возможность оценивать и прогнозировать влагозапас

Таблица 19– Цель и результаты проекта

Цель проекта:	Определение коэффициентов ослабления излучения по результатам измерения гамма - излучения в приземной атмосфере
Ожидаемые результаты проекта:	Разработка методики оценки коэффициента поглощения фотонов снегом.
Критерии приемки результата проекта:	Соответствие экспериментальных параметров с расчетными
Требования к результату проекта:	Требование:
	Легкость в обслуживании
	Дистанционность измерений
	Автоматизация измерений
	Мобильность измерений

Ограничения и допущения проекта:

1. Источник финансирования: государственное финансирование.
2. Ограничение по срокам эксплуатации оборудования.

### **4.3 Планирование научно-исследовательских работ**

#### **4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей[18]. В рамках данной работы была сформирована рабочая группа, в состав которой вошли:

- руководитель;
- инженер.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ по выполнению НИР, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок этапов и работ при выполнении ВКР приведен в таблице.

Таблица 20 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания для НИР	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Разработка методики проведения исследования	Руководитель
	3	Выбор направления исследования	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ литературных источников	Инженер
	6	Проведение практического расчета	Инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности результатов	Руководитель Инженер
	8	Оформление расчетов	Инженер
	9	Составление пояснительной записки	Инженер
	10	Подготовка к защите темы	Инженер

#### 4.3.2 Определение трудоемкости выполнения НИР

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5}, \quad (4)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (5)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

#### **4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования**

На следующем этапе разрабатывается календарный план выполнения работ НИР. Был построен ленточный график проведения НИР в форме диаграмм Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (6)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k$  – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}}, \quad (7)$$

где  $T_{\text{кг}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вд}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пд}}$  – количество праздничных дней в году.

В данной работе число праздничных и выходных дней принимается равным 116 дней. Исходя из этого, коэффициент календарности равен:

$$k = \frac{365}{365 - 68} = 1,22$$

Расчетные данные сведены в таблице, на основании которой был построен календарный план-график

Таблица 21 – Временные показатели проведения научного исследования

i	Исполнитель	$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{\text{ож} i}$	$\text{Ч}_i$	$T_{\text{р}i}$ , раб.дн.	$T_{\text{к}}$ , кал.дн.
1	Руководитель	1	2	1,6	1	1,6	2
2	Руководитель	2	4	3,3	1	3,3	4
3	Руководитель	1	2	1,6	1	1,6	2
4	Руководитель Инженер	2	4	2,8	1	1,4	1,7
5	Инженер	3	6	4	1	4	4,9
6	Инженер	14	31	20,8	1	20,8	25,4
7	Инженер	2	4	2,8	1	2,8	3,4
8	Инженер	2	4	2	2	2	2,4
9	Руководитель	6	12	8	1	4	4,9
10	Инженер	2	4	2,8	1	2,8	3,4
11	Инженер	2	3	2,4	1	2,4	2,9
12	Инженер	2	4	2,5	1	2,5	3
Итого		35	78	49,2	-	49,2	60

#### 4.3.4 Разработка графика проведения научного исследования

На основании расчётных данных был построен план-график в виде диаграммы Ганта. График построен с временной шкалой, разбитой на месяцы и декады, покрывающей весь период проведения исследований и написания ВКР. Каждому исполнителю присваивается свои тип штриховки.

Календарный план график выполнения данной дипломной работы представлен в таблице 22[18].

Таблица 22 – Календарный план-график проведения НИР

№	Исп.	Т <sub>кi</sub> . кал.дн.	Продолжительность выполнения работ											
			Март				Апрель				Май			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Р	2		■										
2	Р	4		■	■									
3	Р	2			■									
4	Р	1,7			■									
	И				□									
5	И	4,9			□									
6	И	25,4				□	□	□	□	□	□	□	□	□
7	И	3,4								□	□	□	□	□
8	И	2,4									□	□	□	□
9	Р	4,9										■	■	■
	И											□	□	□
10	И	3,4										□	□	□
11	И	2,9											□	□
12	И	3												□

□ - инженер; ■ - руководитель.

#### 4.3.5 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования (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:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

#### **4.3.5.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования**

Таблица 23 – материальные затраты

<b>Наименование материалов</b>	<b>Цена за ед., руб.</b>	<b>Кол-во, ед.</b>	<b>Сумма, руб.</b>
Комплекс канцелярских принадлежностей	340	4	1 360
Картридж для лазерного принтера	3 490	2	6 980
Итого:			8 340

#### **4.3.5.2 Расчет амортизации специального оборудования**

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (8)$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m,$$

При выполнении научно-исследовательского проекта использовался ПЭВМ - Asus. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года.

Таблица 24 – Затраты на оборудование

Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
ПЭВМ	1	3	30	30
<b>Итого</b>	30 тыс. руб.			

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где  $n$  – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m,$$

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;

$m$  – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 30000}{12} \cdot 3 = 2475 \text{ руб.}$$

#### 4.3.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данный раздел включена основная заработная плата работников непосредственно участвовавших в выполнении работ по данной теме.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (9)$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

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.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} + T_{раб}, \quad (10)$$

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:

$$Z_{дн} = (Z_m \cdot M) / F_d, \quad (11)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года, при отпуске в 48 рабочих дней  $M=10,4$  месяцев, 6-дневная неделя;

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

Таблица 25 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52	52
-выходные дни	14	14
-праздничные дни		
Потери рабочего времени	48	48
-отпуск		
-невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный оклад работника с учетом районного коэффициента для Томска  $k_p = 1,3$ , вычисляется:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot 1,3, \quad (12)$$

Основная заработная плата руководителя за период проведения работ равна:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot 1,3 = 36800 \cdot 1,3 = 47840 \text{ руб./месяц};$$

$$Z_{дн} = (Z_m \cdot M) / F_d = (47840 \cdot 10,4) / 251 = 1982 \text{ руб./день};$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} = 1982 \cdot 12 = 23784 \text{ руб.}$$

Таблица 26 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$K_p$	$Z_m$ , руб./месяц	$Z_{дн}$ , руб./день	$T_p$ раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб
Руководитель	36800	1,3	47840	1982	12	23784
Инженер	9893	1,3	12861	533	42	22386
<b>Итого <math>Z_{осн}</math></b>						<b>46170</b>

#### 5.3.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Данная статья отражает обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (13)$$

где,  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

В соответствии с Федеральным законом №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 59 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность вводится пониженная ставка –30%[18].

$$k_{внеб} = k_{пф} + k_c + k_{пн}, \quad (14)$$

где  $k_{пф}$  - коэф. отчисления в пенсионный фонд;

$k_c$  - коэф. отчисления страховых взносов;

$k_{пн}$  - коэф. отчисления в подоходный налог.

$$k_{внеб} = 0,3.$$

#### 4.3.5.5 Накладные расходы

Затраты на электроэнергию для работы компьютера рассчитываются по формуле:

$$C = Ц_{эл} \cdot P \cdot F_{об}, \quad (15)$$

где,  $Ц_{эл} = 5,8$  – тариф на электроэнергию, руб/(кВт · ч);

$F_{об} = 49 \cdot 6 = 294$  – время использования оборудования, (ч).

При выполнении работы использовался персональный компьютер со средней мощностью 350 Вт(0,35 кВт). Если предположить, что вся работа

выполнялась на нем, то, согласно таблице, всего было израсходовано (60 календарных дней, шестичасовой рабочий день):

$$E_{\text{пк}} = P \cdot F_{\text{об}} = 0,35 \cdot 294 = 103 \text{ кВт}, \quad (16)$$

тогда стоимость потраченной электроэнергии равна:

$$C = C_{\text{эл}} \cdot E = 5,8 \cdot 103 = 597 \text{ руб.}$$

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.

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

#### **4.3.5.6 Формирование бюджеты затрат научно-технического исследования**

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 14.

Таблица 27 – Бюджет на научно-исследовательский проект

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Сырье, материалы	8340
2. Амортизация	2475
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	46170
4. Дополнительная заработная плата	6925,5
2. Отчисление во внебюджетные фонды	15928,65
3. Накладные расходы	13363,264
<b>Бюджет затрат НИИ</b>	<b>93202,41</b>

#### **4.3.6 Определение ресурсной эффективности исследования**

Определить эффективность можно посредством расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

величина складывается из коэффициентов финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин}}^{\text{исп}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (17)$$

где  $I_{\text{фин}}^{\text{исп}}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{\text{pi}}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как разработка имеет одно исполнение, то:

$$I_{\text{фин}}^{\text{исп}i} = 1$$

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

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (18)$$

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

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

$b_i$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы.

Таблица 28 – Оценка характеристик исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,23	5
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5
3. Помехоустойчивость	0,20	4
4. Энергосбережение	0,20	3
5. Надежность	0,12	4
6. Материалоемкость	0,15	4
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>25</b>

$$I_{pi} = 5 \cdot 0,23 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,12 + 4 \cdot 0,15 = 4,13$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{испi}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{рисп1}}{I_{фин1}}, I_{исп2} = \frac{I_{рисп2}}{I_{фин2}} \text{ и т. д.}$$

Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}}, \quad (19)$$

Таблица 29 – Эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Оценка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,13
3	Интегральный показатель эффективности	0,24

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. В данном случае имеет лишь один вариант решения задачи. Следовательно, предоставленных вариант и предполагается лучшим[19].

### **Выводы по разделу**

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей.

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет **93202,41** руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 1, что является показателем того, что ИР является финансово не выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,13;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 0,24, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0AM13	Петраковой Наталье Владимировне

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОЯТЦ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/ООП/ОПОП</b>	14.04.02 Ядерные физика и технологии

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

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

*Определение коэффициентов поглощения фотонов в снежном покрове*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

**1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:**  
 - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;  
 - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021);  
 - ГОСТ Р 50923-96;  
 - ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя;  
 - СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;  
 - СанПиН 2.2.4.548-96 Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;  
 - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы»;  
 - Об основах охраны труда в Российской Федерации: Федеральный закон от 17 июля 1999 №181;  
 - СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий;  
 - ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность;  
 - СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009);  
 - Кукин П.П. Безопасность технологических процессов и производств;  
 - СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений;  
 - Пожаро - взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р 12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность;  
 - Воздуходувка SB-0310;  
 - СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах";

	- СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные и опасные факторы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- параметры микроклимата;</li> <li>- повышенный уровень ионизирующих излучений;</li> <li>- вредные вещества;</li> <li>- вентиляция;</li> <li>- шум;</li> <li>- недостаток естественного и искусственного освещения;</li> <li>- электрический ток;</li> <li>- электромагнитные поля;</li> <li>- пожароопасность.</li> </ul>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: <ul style="list-style-type: none"> <li>- падение с высоты собственного роста;;</li> <li>- удар электрическим током;</li> <li>- пожар.</li> </ul> Анализ типичных ЧС: <ul style="list-style-type: none"> <li>- пожар на рабочем месте;</li> <li>- превентивные меры и порядок действий при возникновении ЧС</li> </ul>

**Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком**

23.03.2023

**Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Передерин Ю.В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ13	Петракова Наталья Владимировна		

## **5 Социальная ответственность**

Радиационный контроль окружающей среды предназначен для обеспечения защиты населения от вредного воздействия ионизирующего излучения на их здоровье. Одним из важнейших критериев оценки степени радиационного воздействия является доза облучения. Доза облучения для населения контролируется только внешним гамма-излучением, которое испускается естественными источниками, такими как космические и земные. Для жителей городов дополнительным источником облучения являются объекты техносферы. Следовательно, оценка гамма-фона в городской среде является важным аспектом радиологической защиты населения.

В качестве источников дополнительного облучения могут выступать материалы природного происхождения, имеющие повышенный гамма-фон и используемые в качестве строительных и отделочных материалов зданий и объектов городской инфраструктуры, промышленные объекты, вызывающие загрязнение окружающих территорий материалами, используемыми в технологических процессах, а также особенности рельефа местности (естественные и искусственные) влияющие на величину радиационного фона.

Целью данной работы является радиационная разведка подобных объектов и территорий с целью определения влияния уровня гамма-излучения на население. Для выполнения данной работы было необходимо провести несколько измерений в разных частях города Томска. Потом проанализировать полученные результаты, выделить некие закономерности и сделать вывод о радиационной опасности памятников и объектов искусства.

В разделе рассмотрены опасные и вредные факторы воздействующие на студента, находящегося в 118 аудитории 10 корпуса ТПУ, факторы, оказывающие влияние на процесс исследования, правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в аварийных и чрезвычайных ситуациях.

## 5.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности

Основные положения по охране труда изложены в Трудовом кодексе Российской Федерации [24]. В этом документе указано, что охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасных условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма являются одной из приоритетных задач государства.

Согласно указанному документу, каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

В [24] говорится, что нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю, работодатель обязан вести учет времени, отработанного каждым работником.

## **5.2 Основные эргономические требования к правильному расположению рабочего места исследователя при работе с ПК**

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. Рабочее место при работе с ПК должно составлять не менее 6м<sup>2</sup>. Пространство для ног должно соответствовать следующим параметрам: высота места для ног - не менее 600 мм, расстояние сиденья до нижнего края рабочей поверхности - не менее 150 мм, высота сиденья - 420 мм. Стоит отметить, что высота стола должна зависеть от роста оператора [25].

К организации рабочего места пользователя ПК также предъявляются следующие требования: конструкция рабочего кресла должна обеспечивать сохранение рациональной рабочей позы при работе за ПК и позволять изменять позу для уменьшения статического напряжения мышц шеи, плеч и спины для предотвращения развития переутомления.

Тип рабочего кресла следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПК. Рабочее кресло должно быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углу наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществимой и иметь надежную фиксацию [26].

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать

неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека. Учитывая вышесказанное, аудитория 118 10 корпуса ТПУ, удовлетворяет необходимым требованиям [25,26].

### **5.3 Производственная безопасность**

#### **5.3.1 Анализ вредных и опасных факторов**

Опасным производственным фактором согласно [27] называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называется такой фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

Исследовательская работа проводилась на компьютере в помещении (при анализе результатов), а также в городской среде (при сборе данных). Условия труда на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физическим, химическим, биологическим, психофизиологическим. Ниже в таблице 30 представлены опасные и вредные факторы присутствующие при работе с ПЭВМ 118 аудитории 10 корпуса ТПУ.

Таблица 30. Опасные и вредные факторы в помещении 118 аудитории 10 корпуса ТПУ.

Факторы	Нормативные документы
1. Отклонение показателей микроклимата.	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

2. Повышенный уровень электромагнитного излучения	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
4. Превышение уровня шума	СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки
5. Психофизиологические факторы	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
6. Поражение электрическим током	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
7. Воздействие ионизирующего излучения	СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)»
8. Пожаровзрывобезопасность	СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений

### 5.3.2 Отклонение показателей микроклимата

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с нормами [28].

Таблица 31. Оптимальные параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность	Скорость движения воздуха м/с
Холодный	23-25	40-60%	0,1
Теплый	22-24	40%	0,1

Отклонение показателей микроклимата от нормы не вызывает повреждений или нарушений состояния здоровья, но может приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения в помещениях соответствующего микроклимата. Периодически должен вестись контроль влажностью воздуха. В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования.

В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м<sup>3</sup> на человека - не менее 30 м<sup>3</sup> в час на человека; при объёме помещения более 40 м<sup>3</sup> на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция [28].

Площадь помещения, где проводилась работа, равна 33 м<sup>2</sup>, объём 99 м<sup>3</sup>, кратность воздухообмена 3 ч<sup>-1</sup> [28]. Следовательно, воздухообмен

помещения равен 297 м<sup>3</sup>/ч. Для данного значения воздухообмена подойдет одноступенчатая воздуходувка SB-0310 D0 мощностью 2,2 кВт [37].

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления.

В помещении осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основным недостатком такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Таким образом, аудитория 118 10 корпуса ТПУ соответствует требованиям микроклимата [28].

### 5.3.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения

Экран и системные блоки ЭВМ производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна соответствовать таблице 3. Повышенный уровень электромагнитного излучения может негативно влиять на организм человека, а именно приводить к нервным расстройствам, нарушению сна, значительному ухудшению зрительной активности, ослаблению иммунной системы, расстройствам сердечно-сосудистой системы [30].

Таблица 32. Допустимые уровни параметров электромагнитного поля

Наименование параметров		Величина допустимого уровня
Напряженность электромагнитного поля	Диапазон частот 5 Гц-2кГц	25 В/м
	Диапазон частот	2,5 В/м

	2 кГц -400кГц	
Плотность магнитного потока	Диапазон частот 5 Гц-2кГц	250нТл
	Диапазон частот 2 кГц – 400кГц	25нТл

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);

- соблюдение рационального режима труда и отдыха в течение рабочего дня в зависимости от вида и категории трудовой деятельности [30].

Во время выполнения работы использовали монитор на основе жидких кристаллов, что позволило свести к минимуму воздействие электромагнитного излучения. Также были установлены регламентируемые перерывы через 1,5–2,0 часа от начала рабочей смены и через 1,5–2,0 часа после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы.

#### **5.3.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

По нормативам [31] освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м, защитный угол светильников должен быть не менее 40°. Коэффициент запаса (Кз) для осветительных установок общего

освещения должен приниматься равным 1,4. Коэффициент пульсации не должен превышать 5 %.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы: комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники; местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Основным способом защиты от недостаточного освещения является соблюдение норм освещенности [29]. В помещении с III разрядом зрительных работ с высокой точностью освещенность должна составлять 200 лк, а коэффициент пульсации 15 %. Пульсации освещенности обусловлены малой инерционностью излучения газоразрядных ламп, световой поток от которых пульсирует при переменном токе промышленной частоты.

Число светильников  $n$  для помещения рассчитывается:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot U \cdot m}, \text{ шт}$$

где  $E$  – нормированная освещенность,  $E = 300$  лк;

$S$  – площадь помещения,  $S = 22 \text{ м}^2$ ;

$Z$  – поправочный коэффициент светильника,  $Z = 1,2$ ;

$K$  – коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности при эксплуатации,  $K = 1,4$ ;

$F$  – световой поток одной лампы,  $F = 1300$  лм;

$U$  – коэффициент использования,  $U = 0,6$ ;

$m$  – число ламп в светильнике,  $m = 4$ ,

$$n = \frac{300 \cdot 22 \cdot 1,4 \cdot 1,2}{1300 \cdot 0,6 \cdot 4} = 3,55 \text{ шт}$$

Таким образом, с округлением в большую сторону для исключения зон с недостаточной освещенностью, минимальное количество светильников для 118 аудитории 10 корпуса составляет 4 шт.

В 118 аудитории расположено 10 светильников, что полностью удовлетворяет требованиям норм освещенности [31].

### 5.3.5 Превышение уровня шума

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, оказывает влияние не только на слуховой анализатор, но действует на структуры головного мозга, вызывая сдвиги в различных функциональных системах организма. Среди многочисленных проявлений неблагоприятного воздействия шума на организм человека выделяются: снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления и снижение производительности труда, появление шумовой патологии. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА [38].

В таблице 33 приведены нормы уровня шума при различных видах работ.

Таблица 33. Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных выполняемых видов трудовой деятельности.

	Максимально допустимый уровень шума (дБА), в полосах следующих октав (Гц)									Эквивалентные уровни шума, дБА
	6	1	1	4	9	5	2	0	8	
Научная работа, расчеты, конструирование	6	1	1	4	9	5	2	0	8	50
Офисы, лаборатории	3	9	0	8	8	5	2	2	9	60

В 118 аудитории 10 корпуса уровни шума не превышают вышеприведенные значения.

### **5.3.6 Психофизиологические факторы**

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Трудовая деятельность работников непромышленной сферы относится к категории работ, связанных с использованием больших объемов информации, с применением компьютеризированных рабочих мест, с частым принятием ответственных решений в условиях дефицита времени, непосредственным контактом с людьми разных типов темперамента и т.д. Это обуславливает высокий уровень нервно-психической перегрузки, снижает функциональных на активность центральной нервной системы, приводит к расстройствам в ее деятельности, развития утомления, переутомления, стрессу.

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха [27].

В ходе проведения работ соблюдается правильный режим труда и отдыха и переутомления и стресса не возникает.

### **5.3.7 Поражение электрическим током**

Рабочее помещение по опасности поражения электрическим током относится к 1 классу, т.е. это помещение без повышенной опасности из-за возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим

аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой [32].

Существует опасность электро-поражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Степень опасного воздействия электрического тока на организм человека зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- условий внешней среды.

Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, механическое и биологическое воздействие.

Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагреве кровеносных сосудов и других органов, в результате чего в них возникают функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока характеризуется разложением крови и других органических жидкостей, что вызывает нарушения их физико-химического состава.

Механическое действие тока проявляется в повреждениях (разрыве, расслоении и др.) различных тканей организма в результате электродинамического эффекта.

Биологическое действие тока на живую ткань выражается в опасном возбуждении клеток и тканей организма, сопровождающемся произвольными судорожными сокращениями мышц. В результате такого возбуждения может возникнуть нарушение и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения [32].

Основными мероприятиями по защите от поражения электрическим током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путём использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
- использование защитного заземления, защитного отключения
- использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Организационными мероприятиями по электробезопасности являются периодические и внеплановые инструктажи. Периодический инструктаж проводится всему не электротехническому персоналу, выполняющему следующие работы: включение и отключение электроприборов, уборка помещений вблизи электрощитов, розеток и выключателей и т. д. Весь не электротехнический персонал должен быть аттестован на первую квалификационную группу по электробезопасности. Периодический инструктаж проводится не менее одного раза в год.

Внеплановый инструктаж проводится руководителем подразделения при введении в эксплуатацию нового технического электрооборудования [32].

### **5.3.8 Воздействие ионизирующего излучения**

Ионизирующее излучение - это излучение, которое может ионизировать молекулы и атомы. Этот эффект широко используется в

энергетике и промышленности. В то же время он несет значительную опасность для здоровья. Проходя через живую ткань, это излучение может повредить клетки, что приведет к двум типам эффектов. Детерминированные эффекты (вредные тканевые реакции) из-за воздействия высоких доз и стохастические эффекты из-за разрушения ДНК и мутаций (например, индукция рака).

Для обеспечения радиационной безопасности при использовании источников ионизирующего излучения необходимо руководствоваться следующими принципами:

а) поддерживать индивидуальные дозы облучения от всех источников излучения не выше допустимого облучения;

б) запретить любую деятельность с использованием источников излучения, если прибыль меньше риска возможной опасности;

с) поддерживать на минимальном уровне индивидуальные дозы облучения от всех источников излучения.

При работе с ионизирующим излучением выделяют две группы людей: персонал, работающий с ионизирующим излучением, и население.

Эффективная доза для персонала не должна превышать 1000 мЗв за 50 лет трудовой деятельности, а для населения не должна превышать 70 мЗв за 70 лет жизни. Кроме того, для женщин из числа персонала младше 45 лет существует ограничение эквивалентной дозы 1 мЗв в месяц на нижнюю часть живота. Во время беременности и кормления грудью женщинам нельзя работать с источниками излучения. Для студентов старше 16 лет, использующих источники излучения в учебном процессе или находящихся в помещениях с повышенным уровнем ионизирующего излучения, пределы дозы составляют четверть от пределов дозы персонала [33].

В процессе выполнения данной ВКР соблюдались все правила и нормы радиационной безопасности.

## 5.4 Пожарная и взрывная безопасность

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д [35]. Категории помещений и зданий определяются, исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также, исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов.

Помещение, в котором выполняется данная работа, по степени взрывопожарной и пожарной относится к категории В (умеренная пожароопасность) [39].

Возможные причины возгорания:

- короткие замыкания в блоке питания;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- неисправность токоведущих частей установок;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: двери, столы, изоляция кабелей и т.д.

Мероприятия по пожарной профилактике подразделяются на: технические, эксплуатационные, организационные, и режимные.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования т.д.

Эксплуатационные мероприятия включают в себя своевременные профилактические осмотры, ремонт и испытание технологического оборудования и т.д.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение

производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации и т.д.

К режимным мероприятиям относится установление правил организации работ и соблюдение противопожарных мер.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

- 1.Сообщить руководству (дежурному).
- 2.Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС – тел. 112.
- 3.Принять меры по ликвидации аварии согласно инструкции [36].

### **5.5 Аварийные и чрезвычайные ситуации**

Аварийная и чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, представляющего опасность для окружающих, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Есть два вида аварийных и чрезвычайных ситуаций: техногенные и природные.

К техногенным АС и ЧС можно отнести пожары, взрывы, диверсии, выбросы ядовитых веществ. К природным ЧС относятся природные катаклизмы. Наиболее вероятной техногенной ЧС являются пожары.

К опасностям несчастного случая относится внезапный и неуправляемый источник энергии: двигающийся предмет, неуправляемое движение или энергия [34].

Рассмотрим возможные аварийные и чрезвычайные ситуации в ТПУ корпусе № 10 в аудитории 118, а именно:

- падение с высоты собственного роста;
- удар электрическим током;
- возникновение пожара.

Мероприятия по предотвращению и ликвидации последствий вышеуказанных аварийных и чрезвычайных ситуаций представлены в таблице 34.

Таблица 34 – Мероприятия по предотвращению и ликвидации последствий аварийных и чрезвычайных ситуаций

№	Аварийная и чрезвычайная ситуация	Мероприятия по предотвращению	Мероприятия по ликвидации последствий аварийной и чрезвычайной ситуации
1	Падение с высоты собственного роста	1.Содержание помещения в надлежащем порядке. 2.Ограничение рабочего пространства. 3.Своевременное проведение инструктажа.	1. Осмотреть или опросить пострадавшего; 2. Если необходимо – вызвать скорую помощь (112); 3. Остановить кровотечение, если оно имеется; 4. Если есть подозрение, что у пострадавшего сломан позвоночник (резкая боль в позвоночнике при малейшем движении), необходимо обеспечить пострадавшему полный покой в положении лежа на спине до оказания квалифицированной медицинской помощи.
2	Аварийные и чрезвычайные ситуации с электрооборудованием	1. Заземление всех электроустановок. 2.Ограничение рабочего пространства 3.Обеспечение недоступности токоведущих частей аппаратуры. 4. Своевременное проведение инструктажа.	1. Быстро освободить пострадавшего от действия электрического тока; 2. Вызвать скорую помощь (112); 3. Если пострадавший потерял сознание, но дыхание сохранилось, его следует удобно уложить, расстегнуть стесняющую одежду, создать приток свежего воздуха и обеспечить полный покой; 4. Пострадавшему необходимо дать понюхать нашатырный спирт, сбрызнуть лицо водой, растереть и согреть тело;
3	Пожар	1.Своевременное проведение инструктажа. 2.Установка средств автоматического пожаротушения в помещениях. 3.Установка датчиков дыма и огня. 4.Обеспечение путей эвакуации и поддержание их в надлежащем состоянии. 5. Контроль работы электроприборов.	1. Обесточить помещение, прекратить поступление воздуха; 2. Немедленно сообщить о пожаре дежурному или на пост охраны (112); 3. По возможности принять меры по эвакуации людей, тушению пожара и спасению материальных ценностей.

### **Выводы по разделу**

В данной главе были определены вредные и опасные факторы, формируемые при анализе данных измерений гамма-фона на ПЭВМ, среди которых можно выделить:

- шум [27];
- микроклимат [27];
- электробезопасность [32];
- ионизирующее излучение [33];
- освещение [29]
- пожаро- и взрывоопасность [36]

Было выяснено, что аудитория 118 10 корпуса ТПУ:

- относится к 1 классу по электробезопасности (до 1000 В) [32];
- относится к классу В «умеренно пожароопасный» по пожарно-взрывной безопасности [39].

Описаны методы снижения воздействия вредных и опасных факторов на исследователя. В последнем подразделе проанализированы возможные аварийные и чрезвычайные ситуации. Также описаны мероприятия по их предотвращению и мероприятия по ликвидации последствий аварийных ситуаций. Наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара на рабочем месте вследствие возгорания оборудования.

## **Заключение**

В результате выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Проведен анализ экспериментальных данных измерения мощности дозы гамма-излучения в зимы 2011-2022 на экспериментальной площадке. Обнаружено, что снег является сильным поглотителем  $\gamma$ -фона. Проведенные расчеты показали, что снег толщиной 50 см при плотности  $150 \text{ кг/м}^3$  в  $\sim 2$  раза снижает уровень гамма-фона, а при плотности  $350 \text{ кг/м}^3$  почти в 3 раза.
2. Разработана методика оценки коэффициента поглощения фотонов снегом. Для оценки коэффициента поглощения фотонов достаточно два измерения мощности дозы гамма - излучения до и после выпадения осадков. Необходимо также знать влагозапас снежного покрова.
3. Выполненные расчеты позволили определить линейный коэффициент поглощения гамма-излучения снежным покровом, который составил величину  $3,8 \text{ м}^{-1}$ , что хорошо согласуется с известными литературными данными.

### Список публикаций

1. Петракова Н.В., Чуприна А.Б., Беляева И.В. Использование радиационного мониторинга приземной атмосферы для оценки влагозапаса снежного покрова // Изотопы: технологии, материалы и применение: Изотопы: технологии, материалы и применение: Материалы VII Международной научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов (25 октября - 28 октября 2021 г.) Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Графика, 2021. – С.С.72.
2. Петракова Н.В., Яковлев Г.А., Беляева И.В. Моделирование объемной активности радона и торона и оценка дозовых нагрузок на население // Экология и безопасность жизнедеятельности. Сборник материалов Региональной научно-практической конференции студентов и школьников, 8 ноября 2022 г., Кемерово [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева»; редкол.: А.Ю. Игнатова (отв. ред.) [и др.]. – Кемерово, 2022. – С.36.1-36.4.

### Литературные источники

1. Бердоносков С.С., Сапожников Ю.С. Ионизирующее излучение и окружающая среда. //Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7(2). С. 40-46.
2. Белишева Н.К., Гак Е.З. Значение вариаций космических лучей для функционирования биосистем // В кн.: Сб. научных докл. VII Межд. конф. «Экология и развитие Севера- Запада России». - Санкт-Петербург. - 2002. - С.118-129.
3. Микляев П.С., Петрова Т.В. Механизмы формирования потока радона с поверхности почв и подходы к оценке радоноопасности селитебных территорий // Аппаратура и новости радиационных измерений. – 2007. – Т. 66. – No 2. – С. 2–16.
4. Фирстов П.П. Мониторинг объемной активности подпочвенного радона ( $^{222}\text{Rn}$ ) на Паратунской гидротермальной системе в 1997–1998 гг. с целью поиска предвестников сильных землетрясений Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 1999. – Т. 5. – No 6. – С. 33–43.
5. В. С. Яковлева, П. М. Нагорский, Г. А. Яковлев ТЕХНОЛОГИЯ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА: МАРКЕРЫ-ИНДИКАТОРЫ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЯВЛЕНИЙ // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2016. No 3(14). С. 103-113.
6. Вариации компонент радиационного фона в сейсмически активном и спокойном регионах / А.В. Вуколов, И.И. Ипполитов, В.Д. Каратаев, П.М. Нагорский, С.В. Смирнов, П.П. Фирстов, В.С. Яковлева // Известия ТПУ, 2012. – №1. – С. 184 – 190.
7. Вариации радиационного фона и климатических параметров в северной части Азовского моря [Электронный ресурс] / И.Н. Бекман, М.А. Хасков, В.И. Пасека, Л.Е. Панаркина, Г.Б. Рязанцев. – Режим доступа:

<https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fprofbeckman.narod.ru%2FER4.pdf&name=ER4.pdf&lang=ru&c=56c1e011c6f0&page=8>,  
свободный.

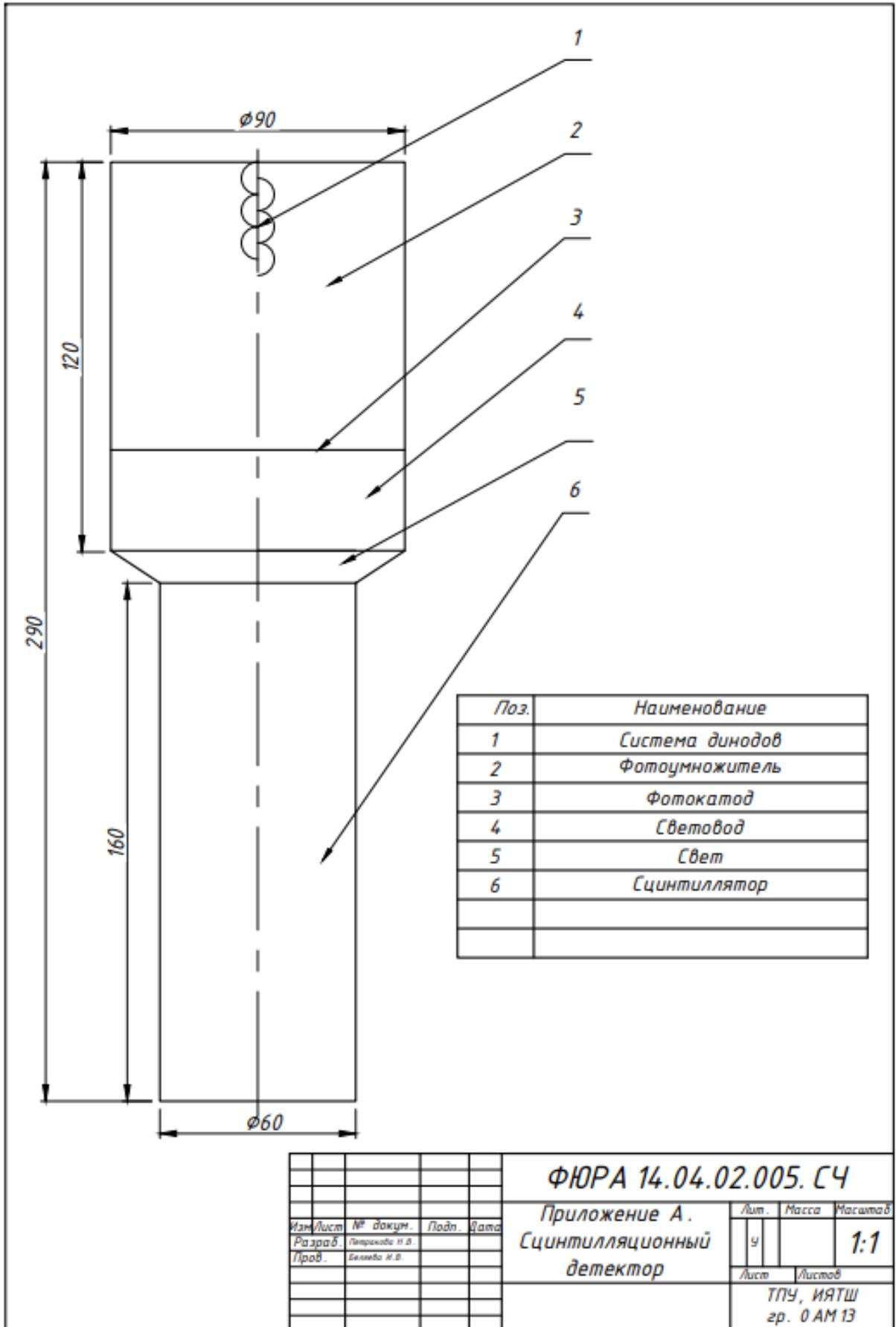
8. Котова Е.И. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА СОСТАВ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 10. – С. 158-163; URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37230>.
9. Вариации естественного гамма-фона во время выпадения атмосферных осадков / Б.Б. Гвоздевский, Ю.В. Балабин, А.В. Германенко, Э.В. Вашенюк, Л.И. Щур // Вестник Кольского научного центра РАН, 2010. – №2. – С. 104 – 109.
10. Титаева Н.А. / Н.А. Титаева // Ядерная геохимия. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2000. – 336 с.
11. Hötzl H., Winkler R. Long-term variation of outdoor radon equilibrium equivalent concentration // Radiat. Environ. Biophys, 1994. – P. 381.
12. Porstendörfer J., Butterweck G., Reineking A. Daily variation of the radon concentration indoors and outdoors and the influence of meteorological parameters // Health Phys, 1994. V.67. – №3. – P. 283.
13. Cramer R., Burkart W. The radon problem // Radiat. Phys. Chem, 1989. V.34. – №2. – P. 251.
14. Мишина Н.В., Черепнев М.С., Яковлева В.С. Моделирование влияния физических параметров грунта на радиационный фон приземной атмосферы // 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. – 340 с.
15. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. Справочник. - 4-е издание, переработанное и дополненное, М.: Энергоатомиздат, 1995, 496 с

16. Яковлева В. С. Методы и приборы контроля полей  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - излучений и радона в системе "грунт- атмосфера": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: спец. 05.11.13; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: 2013, С. 64
17. В.С. Яковлева, В.Д. Каратаев, В.В. Зукау. Моделирование атмосферных полей  $\gamma$ - и  $\beta$ - излучений, которые формируются почвенными радионуклидами // Вестник КРАУНЦ. Физ.- мат. науки. 2011. № 1 (2). С. 65–74
18. А. С. Зеленский, В. С. Яковлева. Оценка вклада космической компоненты в суммарный  $\beta$ - и  $\gamma$ - фон приземной атмосферы // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. – 2017. – №4(20). – С.28-314
19. Гальперин Б.М. Турбулентный тепло- и влагообмен поверхности суши и водоемов с атмосферой: Учебное пособие. – Ленинград: Изд-во ЛГИ, 1970. С. 11
20. Яковлева В.С. Методы измерения плотности потока радона и торона с поверхности пористых материалов: монография. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. С. 120, С. 144
21. Yakovleva V.S., Nagorsky P.M., Cherepnev M.S., Kondratyeva A.G., Ryabkina K.S., 2016. Effect of precipitation on the background levels of the atmospheric  $\beta$ - and  $\gamma$ -radiation. Applied Radiation and Isotopes. 118, 190–195
22. RL: <http://rp5.ru/> Погода\_в\_Томске
23. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

24. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
25. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора [Текст]. – Введ. 1996-07-10. – М.: Стандартинформ, 2008 – С.4.
26. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя [Текст]. – Введ. 1978-04-26. – М.: Издательство стандартов, 1978 – С.5.
27. СанПиН 1.2.3685-21. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Текст]. – введ. 2021-01-28.
28. СанПиН 2.2.4.548-96 Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы. – М.: Стандартинформ, 2002.
29. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы» [Текст]. – Взамен СанПиН 2.2.2.542-96; введ. 2003-06-30. – М.: Российская газета, 2003. – 3 с
30. Об основах охраны труда в Российской Федерации: Федеральный закон от 17 июля 1999 №181 – ФЗ // Российская газ. – 1999. – 24.07. – С. 4
31. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий
32. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность [Текст]. – Введ. 1983-01-07. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 2 с.
33. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). – М.: Минздрав России, 2009.

34. Кукин П.П. Безопасность технологических процессов и производств: учеб. Пособие / П.П. Кукин, В.Л. Лапин – М., Высшая школа, 1999 – С.318.;
35. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Текст]. – Взамен СНиП 2.01.02-85; введ. 1998-01-01. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. – 6 с.
36. Пожаро - взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность.
37. Воздуходувка SB-0310 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://zenova.ru/category/vozduhoduvki/model/sb-0310-d0>, свободный – Загл. с экрана. – Язык русский. Дата обращения 10.05.23 г.
38. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" – введ. 2016-06-21. – М.: Минздрав России, 2016.
39. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
40. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/>, свободный Загл. с экрана. Язык русский. Дата обращения 11.05.2023 г

## Приложение А



<b>ФЮРА 14.04.02.005. СЧ</b>				
<b>Приложение А.</b>				
<b>Сцинтилляционный детектор</b>				
<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	
<i>Разраб.</i>	Петренко И.В.			
<i>Пров.</i>	Белова Н.В.			
			<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
			у	1:1
ТПУ, ИЯТШ гр. 0 АМ 13				

## Приложение Б

### Introduction

### 1 Literature review

### 2 Methods for measuring the characteristics of the gamma background

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM13	Петракова Наталья Владимировна		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы \_\_\_\_\_ ОИЯ, ШБИП (НОЦ):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОИЯ	Квашнина О. С.			

## **Introduction**

Despite long-term studies, the radiation gamma background of the atmosphere continues to be the subject of close attention of researchers. This is due, of course, to the ecological situation on the planet as a whole, as well as to the increase in the technogenic factor.

A long-term study and observation of the dynamics of the radiation gamma background showed that with the onset of the winter period, the radiation background decreases. It was also found that this decrease has a weak correlation with meteorological parameters - pressure and temperature. The reduction of the background radiation depends on the characteristics of the snow cover, such as density, height, which, in turn, are associated with a very important characteristic of the snow cover - the water equivalent (W).

It turned out that the snow cover serves as a kind of protective screen that absorbs radioactive radiation that emanates from the ground surface.

The purpose of this master's thesis is to determine the photon absorption coefficients in the snow cover based on the results of measuring the gamma background in the surface atmosphere.

The purpose of the research led to the solution of the following tasks:

1. Literature analysis of the research topic.
2. Experimental studies of changes in the dose rate of gamma radiation in the winter of 2021-2022 at the experimental site.
3. Calculation of photon absorption coefficients in the snow cover using the values of the height of the cover itself.
4. Comparison of the obtained values of photon absorption in the snow cover with the data on modeling this value.
5. Summary and conclusions.

## **1 Literature review**

### **1.1 Factors affecting the radiation background**

Constant monitoring of changes in the gamma background is part of radiation control, the main task of which is to ensure the protection of the population from exposure to ionizing radiation harmful to health [1].

Studies show that the change in the dose rate of gamma radiation is influenced by factors such as atmospheric pressure [2.3], temperature [2.3], wind strength and direction [2.3], air humidity [2.3], and others. Two groups of factors affect the intensity of the radiation background: terrestrial (migration of radionuclides under the influence of changes in wind directions, sea currents, etc.) and extraterrestrial (change in the intensity of cosmic radiation, the appearance of secondary radiation due to the formation of radionuclides in the interaction of cosmic radiation with elements of soil, atmosphere and sea water, etc.). Measurement of the volumetric activity of radon isotopes and their daughter decay products (DDP), the density of beta radiation flux in the atmosphere, as well as the density of radon flux from the earth's surface, are measured during episodic monitoring.

With an increase in the relative humidity of the air, a decrease in the intensity of the radiation background is observed. The main decrease in the intensity of the radiation field occurs in the range from 75 to 90% humidity. The intensity of the radiation background also depends on the wind direction. The maximum background values occur at wind speeds from 4 to 12 m/s. The dependence of the radiation background on atmospheric pressure is clearly revealed in the following aspect: the intensity of radiation is maximal at a pressure of 753 mmHg and minimal for small (740 mmHg) and large (776 mmHg) values [3]. For different seasons, the intensity of the gamma background may increase with an increase in a certain meteorological parameter, may decrease, or may not depend on it at all. The question of the nature of the influence of meteorological parameters on the gamma background in this regard requires more careful study, and also requires a long (several years) analysis of data on fluctuations in climatic parameters.

## **1.1 Features of the dynamics of $\gamma$ - and $\beta$ - background radiation**

Several methods of measuring the gamma and  $\beta$  background are known, but the most common and simple methods of data collection during radiation surveys include direct measurements, scanning and sampling.

Monitoring of atmospheric radioactivity is used as an early warning system for nuclear emergencies, stemming from the fact that the fastest natural conveyor of radionuclides is air. In the event of an emergency in a nuclear accident, beta - radioactivity of actinoids and fission products from radioactive fallout is best detected. The level of radioactivity in the air will be higher than the natural background, as radon will be released into the atmosphere from ground radionuclides  $^{238}\text{U}$  and  $^{232}\text{Th}$  in the ground. Nevertheless, for the timely detection of nuclear accidents, measuring atmospheric radioactivity in real time is quite a difficult task due to the low concentrations of radioactivity. Such measurements are used to analyze temporal and spatial variations of natural radioactivity, especially for radon and its short-lived decay products. Monitoring the concentration of radionuclides in the lower layers of the atmosphere, it was found that there is a correlation with meteorological parameters, namely, air temperature, humidity, air velocity and atmospheric electric field, as well as the direction of airflow.

The concentration of radionuclides in natural objects - soil, water and air is a radiological parameter and is determined by field measurements and laboratory analyses. Often radionuclides or radionuclide mixtures require the measurement of gamma and beta radiation. For the evaluation of each such survey, any small areas of increased activity should be identified, and their scope and types of activities established. Nevertheless, no device is capable of correctly and unambiguously measuring all parameters and realizing all the objectives of the survey. To determine specific radionuclide parameters and conditions, a dedicated selection of instruments is required. The devices must be reliable and practical in accordance with the environmental and physical conditions of their use, and their physical

characteristics, such as size and weight, must be compatible with the required application. The instrument and measurement method should be able to determine the type of radiation and measure levels that are less than the derived ground state concentration level. Numerous commercial companies offer a huge selection of instruments and gauges suitable for radiation measurements.

Observation of changes in the fields of  $\gamma$  - and  $\beta$  - radiation attracted great attention to the properties of radionuclides and ionizing radiation, which have been actively used since ancient times to obtain the latest knowledge about the dynamics of processes in the atmosphere and lithosphere, as well as forecasting natural and man-made hazards. Ionizing radiation (AI) and natural radioactivity are of great importance in radiobiology and radioecology, in radiation protection, geophysics and construction. The atmospheric field of ionizing radiation is of particular interest for radioecology and radiobiology in assessing background doses of the population and environmental impact. For these purposes, government agencies and research groups conduct radiation monitoring of the Earth's atmosphere.

A study was conducted at Tomsk National Research Polytechnic University in cooperation with the Institute for Monitoring of Climatic and Ecological Systems (IMKES). As a result, the following phenomena were revealed: a) seasonal fluctuations in the vertical distribution fields of  $\beta$ - and  $\gamma$ -radiation; b) a decrease in the flux density of  $\beta$ - and  $\gamma$ -radiation with an increase in height, which occurs, as a rule, in the period from spring to autumn; c) a change in the vertical profile in winter; d) the inverse dependence of the  $\beta$ -flux density and the dose rate of gamma radiation on the distance to the Earth's surface.

In early morning, an increase in relative humidity is accompanied by a noticeable decrease in the afternoon to a minimum value with the next increase to maximum values the next morning. This phenomenon is accompanied by a change in temperature, which is inversely proportional to the change in humidity. The temperature value is minimal in early morning hours, then increases to a maximum in the afternoon, followed by a decrease to a minimum value the next morning.

When the air temperature rises, radionuclides are released from the soil by drying. This is because the ejection of radionuclide particles by the air flow into the upper atmosphere is detected. Warm air in the daytime, as it happens, causes some turbulence, due to which radon is transported by the air flow upwards from the earth's surface.

As it turned out, the atmospheric background of gamma radiation changes, and these changes depend on the geography of the observation site, on the height of the measurement above the earth's surface, as well as the season and time of day. Due to the daily temperature dynamics, as well as atmospheric turbulence, the radon concentration in the atmosphere changes, thereby changing the gamma background. The explanation of this phenomenon is as follows. Radon coming out of the soil at night is retained at the earth's surface while the air is cold, and gamma-emitting radon and thoron products increase the background level of gamma radiation in the lower layers of the atmosphere. During daytime, the air temperature increases, turbulence occurs, leading to a decrease in the concentration of radon at the earth's surface, which means that the background of gamma radiation decreases. Scientists have noted that the amount of precipitation, rain and snow, affects changes in the atmospheric gamma-radiation background during the day and provokes sharp short-term increases (bursts) of some characteristics of the gamma-radiation fields by tens and hundreds of percent. This phenomenon has been called "radon washout". This suggests that precipitation washes out the decay products of radon and thoron from the atmosphere to the Earth's surface. Unfortunately, the ratio of precipitation intensity to the magnitude of gamma radiation dose rate bursts does not give the desired results today, because no significant correlation between them has been found.

Despite this, not so long ago, a study on this topic was conducted at Tomsk National Research University in cooperation with the Institute for Monitoring of Climatic and Ecological Systems (IMCES), where the results of experimental and theoretical studies were obtained. Thus, the maximum bursts of the dose intensity

of  $\beta$ -radiation and the density of the flux of  $\gamma$ -radiation turned out to be the same with the periods of precipitation. The magnitude of bursts of intensity does not always correlate with the intensity of natural precipitation. As a result of the research, such aspects as the total duration of the studied bursts, the duration of the rises and falls of these bursts, their shape and the dependence of the coordinates of the detector were analyzed and the results of modeling the effect of precipitation on the activity of radon decay products were obtained.

Efforts have been made to study changes in the natural growth of the X-ray background during precipitation recorded at cosmic ray stations in Apatites. The energy of the spectra obtained during the growth process was compared with the spectra obtained in clear weather, as a result of which it was found that the increase is characteristic of the radiation flux with an exponential spectrum superimposed on background radiation and having an energy power spectrum. It turns out that changes in gamma radiation in clear weather depend only on changes in intensity while maintaining the shape of the spectrum. The value of the characteristic energy in the exponential spectrum is in the range of 300-500 keV. It is established that the upper limit of the radiation energy accompanying precipitation is 2-2.2 MeV. No correlations with radionuclides were detected in the entire studied range. It was revealed that the maximum precipitation is ahead of the maximum X-ray radiation by 30-40 minutes. The study of the barometric effect in the data on gamma radiation in the surface atmosphere shows that it is insignificant, but measurable.

#### **1.4 Conclusion on the chapter**

In this chapter, the dependence between the  $\gamma$ -,  $\beta$ - background radiation and such characteristics as atmospheric pressure, wind direction, air humidity, temperature was considered in detail.

It was also found that the surge in dose rate and flux density of  $\gamma$ -,  $\beta$ - radiation coincides with the periods of precipitation.

#### **2 Methods for measuring the characteristics of the gamma background**

From 2009 to the present, TPU, together with IMCES, have been studying the effect of snow cover thickness on the dynamics of radiation background, taking into account regional studies. The monitoring database, which is freely available, gives a quantitative description of meteorological parameters.

The flux density (FP) of  $\gamma$ -,  $\beta$ -radiation and the absorbed dose rate of  $\gamma$ -,  $\beta$ -radiation were taken as characteristics of the fields of ionizing radiation of the surface atmosphere. The characteristics of the radiation fields were recorded by various types of detectors (scintillation, gas-discharge) located at a height of 10 cm to 35 m in the open atmosphere.

In parallel with the experiments, the dependence of the listed characteristics of the IS fields on the thickness of the snow cover and the height above the earth's surface (the height of the location of the IS) was modeled [9]. For radiation monitoring, the Tomsk Observatory of Radioactivity and Ionizing Radiation (TORII) was created, which includes a dosimetric laboratory (TPU building 10) and 2 experimental sites located on the adjacent territory of the IMCES SB RAS.

From 2008 to the present, the characteristics of the fields of  $\alpha$ -,  $\beta$ - and  $\gamma$ -radiation have been measured at a height of 10 cm, 1, 5, 10, 25, 30 and 35 m in the surface layer of the atmosphere and at depths of 10, 20, 50 cm, 1 and 5 m in the ground, according to the scheme shown in Figure 1. The place for experiments is located in the IMCES courtyard, it is fenced with a metal fence, and the territory is viewed by three video cameras in real time. The universal complex includes the AtRad laboratory stand, which consists of a standard meteorological mast 10 m high, to which gas-discharge counters of  $\gamma$ - and  $\beta$ -radiation and 35 scintillation detectors of ionizing radiation are attached. The meters using coaxial 50 ohm cables are connected to a power source and convert the radiation pulses into TTL format. The pulses generated in TTL format are transmitted to an eight-channel counting device. Operating in counting mode, implemented as a PCI card and working with a computer, the eight-channel ADC acts as a data collector. Each of the four gas-discharge counters, that detect  $\beta$ - +  $\gamma$ -radiation and are located on the

meteorological mast at four height levels, is fitted with the same type of counters, closed with aluminum and plastic cases and detecting only gamma radiation [9].

Therefore, due to the difference in the pulse count rate between paired counters located at the same height, it is possible to isolate a "pure" beta background, while simultaneously obtaining time series of data on  $\gamma$ - and  $\beta$ -radiation with a sampling rate of 2 minutes. Experimental sites for monitoring the PP of  $\gamma$ -radiation and  $\beta$ -radiation, the dose equivalent of  $\gamma$ -radiation in the surface atmosphere use gas-discharge counters for  $\gamma$ - and hard  $\beta$ -radiation STS-6 and SBM-19, highly sensitive scintillation intelligent detection units BDPB-01, BDPA-01 (Atomtech, Belarus) at heights of 10 cm, 1, 5, 25, 30 and 35 m and at depths of 0.1; 0.2; 0.5 and 1 m, as well as highly sensitive intelligent scintillation units for detecting  $\gamma$ -radiation BDKG-03 (Atomtech, Belarus) at heights of 1.5 and 25 m and at a depth of 0.5 m. These detectors were selected based on the requirements for a wide range of operating conditions, since the BDPA-01 devices operate in the temperature range from -30 to +50 ° C and relative humidity up to 98%. Ground AI detectors are fixed on 2 meteorological masts. At the same time, the density of radon and thoron fluxes is controlled from the earth's surface; for this purpose, 4 sets of 36 own developments, confirmed by Russian patents, have been installed. Radon radiometers PPA-01M-03 and RGA-06P (RF) are used to measure the volumetric activity of radon isotopes, daughter products of their decay, equivalent to the equilibrium volumetric activity of radon, the equilibrium coefficient between radon and DPR, and the potential energy of alpha particles (PAEC). Radiometer EROA radon RAMON-01N (Kazakhstan) and radiometer OA radon and thoron and DPR RTM 2200 (SARAD, Germany) are also applied. In addition, to study the dynamics of the volumetric activity of soil radon, not subject to changes in weather conditions, a NaI (TI) scintillation detector was installed at a depth of 5 m. The scheme of the measurement process is shown in Figure 1.

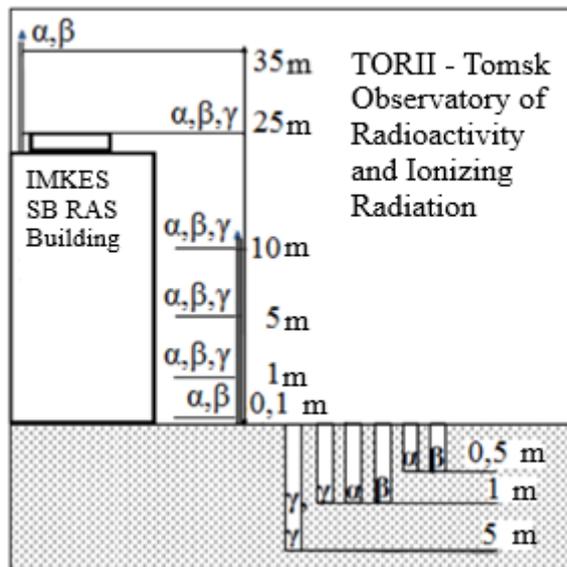


Figure 1 - Scheme for monitoring the characteristics of ionizing radiation fields in the "soil - atmosphere" system.

## 2.1 Gas-discharge counters for measuring $\gamma$ -radiation

### 2.1.1 Counter SBM-19

The gas-discharge Geiger-Muller counter SBM-19 is designed to register hard beta and gamma radiation in dosimetric and radiometric devices.



Figure 2 - Counter SBM-19

The Geiger-Muller counter SBM-19 is widely used in the field of radiation monitoring, icing and smoke detectors, as well as in flaw detection.

The operating conditions of SBM-19 are:

- Ambient temperature - from  $-60^{\circ}\text{C}$  to  $+70^{\circ}\text{C}$ .

- Climatic version - UHL 2.1.

The dosimetric characteristics of SBM-19 include:

- maximum counting rate ( $N_{max}$ ) - 3000 imp/s;
- natural background level ( $N_f$ ) - 120 pulses/min.

The operating mode is current and pulse.

Sensitivity to gamma radiation from a  $^{137}\text{Cs}$  source at  $3 \mu\text{R} \cdot \text{s}^{-1}$  is from  $221.6 \text{ imp} \cdot \mu\text{R}^{-1}$  to  $273.5 \text{ imp} \cdot \mu\text{R}^{-1}$ .

The pulse amplitude is not less than 50 V.

The service life (number of pulses) of SBM-19 counter is at least  $2 \cdot 10^{10}$ .

The dimensions are as follows:

- diameter - no more than 19 mm;
- length - no more than 125 mm;
- weight - no more than 25 g.

### 2.1.2 STS-6 counter

STS-6 self-extinguishing cylindrical Geiger-Muller counter is used to measure both hard beta radiation and gamma radiation [10].



Figure 3 - Counter STS-6

STS-6 counters are used in the nuclear industry, control and protection systems of nuclear reactors for dosimetric and environmental monitoring.

Symbols

STS-6 counter, where:

ST designates that the anode material is steel;

S is a self-extinguishing counter;

6 is a serial number.

Technical characteristics of STS-6:

- operating voltage - 390 V;
- length of the plateau of the counting characteristic - at least 80 V;
- count start voltage - from 320 to 450 V;
- slope of the plateau of the counting characteristic - 0.125% / V;
- maximum registration energy of beta radiation - 0.5 MeV.

Dosimetric characteristics of STS-6:

- counting rate (N) at 0.36  $\mu\text{R} / \text{h}$  - from 2280 pulses/min to 3420 pulses/min;
- maximum counting rate (N<sub>max</sub>) - 60,000 pulses/min;
- natural background level (N<sub>f</sub>) - 110 pulses/min.

Cylinder material is stainless steel.

Wall thickness is 50 mg/(cm<sup>2</sup> s).

The largest parasitic capacitance allowed in the input circuit of the counting and measuring device is 10 pF.

Transient input capacitance is from 7 pF to 15 pF.

Load resistance of STS-6 is from 5 M $\Omega$  to 10 M $\Omega$ .

Service life (number of pulses) is not less than 10<sup>9</sup>.

Ambient temperature is from -40 ° C to + 50 ° C.

Dimensions:

- diameter - no more than 22 mm;
- length - no more than 199.5 mm;
- weight - no more than 25 g.

## **2.2 Scintillation counters for measuring radiation**

### **2.2.1 Gamma radiation detection unit BDKG-03**

Purpose:

A highly sensitive scintillation intelligent gamma radiation detection unit is designed to search for, quickly detect and localize gamma radiation sources with a sensitivity of  $^{137}\text{Cs}$  350 (imp/s)/( $\mu\text{Sv/h}$ ), as well as to measure the ambient equivalent dose rate and the dose of gamma radiation in the energy range 50 keV - 3 MeV (Figure 4).

Areas of application:

- Search, detection and localization of sources of ionizing radiation
- Radiation monitoring of scrap metal - MUK 2.6.1.1087-02
- Radiation monitoring of the environment, territories, objects, raw materials and materials
- Dosimetric and radiometric control at industrial enterprises
- Contamination heterogeneity control



Figure 4 - BDKG-03.

### 2.3 Chapter conclusion

In this chapter, the main gas-discharge and scintillation counters for measuring  $\gamma$ -radiation, namely, counter SBM-19, counter STS-6, and detection unit BDKG-03 were considered.

The technique for measuring the characteristics of the atmospheric  $\gamma$ -,  $\beta$ -background and the experimental site at IMEX was also described.