

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий  
Направление подготовки 14.04.02 Ядерные физика и технологии  
Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Исследование динамики снежного водного эквивалента по радиационному фону

УДК:

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОАМ84	Лозовский М.А.		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук И.В.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

## Планируемые результаты обучения

Код	Результат обучения*	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
P1	Применять глубокие, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для теоретических и экспериментальных исследований в области использования ядерной энергии, систем учета, контроля и физической защиты источников ионизирующего излучения, технологий радиационной безопасности и защиты от ионизирующего излучения, в профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОПК-1,2, ПК-3, УК-1), Критерий 5 АИОР (п.1.1), требования профессиональных стандартов 24.020, 24.079, 24.030
P2	Ставить и решать инновационные инженерно-физические задачи, реализовывать проекты в области использования ядерной энергии, систем учета, контроля и физической защиты источников ионизирующего излучения, технологий радиационной безопасности и защиты от ионизирующего излучения.	Требования ФГОС (ПК-9,10,13, 14, 15, ОПК-1,УК-4), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), требования профессиональных стандартов 24.020, 24.079, 24.030
P3	Создавать теоретические, физические и математические модели, описывающие распространение и взаимодействие ионизирующих излучений с веществом и живой материей, процессы в реакторах и ускорителях, процессы и механизмы переноса радиоактивности в окружающей среде.	Требования ФГОС (ПК-1,13, 22, УК-1, ОПК-1), Критерий 5 АИОР (п.1.3), требования профессиональных стандартов 24.020, 24.079, 24.030
P4	Разрабатывать новые алгоритмы и методы: расчета современных физических установок и устройств; измерения характеристик полей ионизирующих излучений; оценки количественных характеристик источников ионизирующего излучения; измерения радиоактивности объектов окружающей среды; исследований в радиэкологии.	Требования ФГОС (ПК-2, 4, 6, 8, УК-1, ОПК-1), Критерий 5 АИОР (п.1.4) , требования профессиональных стандартов 24.020, 24.079, 24.030
P5	Оценивать перспективы развития ядерной отрасли, анализировать радиационные риски и сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать меры по снижению рисков и обеспечению ядерной и радиационной безопасности руководствуясь законами и нормативными документами, составлять экспертное заключение.	Требования ФГОС (ПК-5, 7, 11, 12, УК-1, ОПК-1), Критерий 5 АИОР (п.1.4), требования профессиональных стандартов 24.020, 24.079, 24.030
P6	Проектировать и организовывать инновационный бизнес, разрабатывать и внедрять новые виды продукции и технологий, формировать эффективную стратегию и активную политику риск-менеджмента на предприятии, применять методы оценки качества и результативности труда персонала, применять знание основных положений патентного законодательства и авторского права Российской Федерации.	Требования ФГОС (ПК-16-21, 23, УК-2), Критерий 5 АИОР (п.1.5) , требования профессиональных стандартов 24.020, 24.079, 24.030
P7	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОПК-1, УК-4, 5), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС ( УК-6, ПК-1, ОПК-1), Критерий 5 АИОР (2.6), требования профессиональных стандартов 24.020, 24.079, 24.030
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС ( ПК-11, 16, 17, УК-4, ОПК-3), Критерий 5 АИОР (п.2.2), требования профессиональных стандартов 24.020, 24.079, 24.030
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ПК-18, 23, УК-3,6, ОПК-3), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3), требования профессиональных стандартов 24.020, 24.079, 24.030

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

---

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Бычков П.Н.

(Подпись) (Дата)  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерская диссертация

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ84	Лозовский Марк Александрович

Тема работы:

Исследование динамики снежного водного эквивалента по радиационному фону

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Результаты анализа научной литературы по теме снежный водный эквивалент и его связь с мощностью дозы гамма-излучения.</li><li>2) База данных мониторинга полей ионизирующих излучений, метеорологических параметров на экспериментальных площадках ТПУ ИМКЭС, г. Томск.</li></ol>
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1) Обзор литературы по теме диссертации; 2) Выбор места проведения измерений, оборудования и метода;  3) Построение зависимостей СВЭ от мощности дозы гамма-излучения;  4) Выявление закономерностей в динамике СВЭ, поиск влияющих факторов; 5) Разработка и установка эталонного пункта;  6) Анализ результатов и выводы.
---	---

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук И.В.
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>	
Обзор литературы	

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

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM84	Лозовский Марк Александрович		

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

---

Школа Инженерная школа ядерных технологий  
Направление подготовки 14.04.02 Ядерные физика и технологии  
Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла  
Период выполнения осенний-весенний семестр 2019/2020  
учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
--------------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения магистерской диссертации**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.09.19	Составление и утверждение технического задания	
05.10.19	Подбор и изучение материалов по теме	
10.10.19	Выбор оборудования и места проведения измерений	
11.11.19	Проведение измерений	
01.04.20	Получения экспериментальных данных	
05.05.20	Анализ и описание результатов	
01.06.20	Подготовка к защите ВКР	

Составил преподаватель:

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

**СОГЛАСОВАНО:**

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

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0AM84	Лозовский Марк Александрович

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОЯТЦ</b>
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	– заработная плата – отчисление во внебюджетные фонды – накладные расходы
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Тариф на электроэнергию
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	– ставки руководителя и студента – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	- Анализ конкурентных технических решений - SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	- Иерархическая структура работ - Календарный план-график реализации проекта
3. <i>Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР</i>	
4. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	Бюджет НИР: - Расчет материальных затрат; - Расчет амортизации оборудования; - Затраты на оплату труда исполнителей; - Отчисления во внебюджетные фонды; - Накладные расходы
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	Определение ресурсоэффективности НИ
1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>График проведения и бюджет НИ</i> 4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>	

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Кашук И.В.	К.Т.Н. ДОЦЕНТ		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0AM84	Лозовский М.А.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0AM84	Лозовский Марк Александрович

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

Тема ВКР:

Исследование динамики снежного водного эквивалента по радиационному фону	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Измерение радиационного фона приземной атмосферы и анализ результатов измерения.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	- ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; - ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения; – ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– отклонение параметров микроклимата; – повышенный уровень шума; – повышенный уровень вибрации; – недостаточная освещенность – электромагнитные поля; – психофизиологические нагрузки; – электрический ток.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– воздействие исследования на экологию; – основы утилизации компонентов исследования.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	– выбор и описание типичной ЧС - пожар в рабочем помещении; – превентивные меры и порядок действий при возникновении ЧС.

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0AM84	Лозовский М.А.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 88 страниц, 17 таблиц, 28 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: снежный водный эквивалент, радиационный фон, мощность дозы гамма-излучения, высота снежного покрова, измерение гамма-фона.

Объектом исследования является определение снежного водного эквивалента через измерения мощности дозы гамма-излучения.

Целью работы является исследование связи СВЭ с мощностью дозы гамма-излучения в атмосфере с целью внедрения альтернативного метода определения СВЭ.

В процессе исследования проводился анализ архивных данных прогноза погоды с интернет ресурса, проводились исследования связи СВЭ и мощности дозы гамма-излучения, разрабатывался эталонный пункт для проведения длительного мониторинга.

В результате были получены: зависимости СВЭ от мощности дозы гамма-излучения, разработан и установлен эталонный пункт для длительного радиационного мониторинга.

## Список обозначений

БДКГ-03 – блок детектирования гамма-излучения

ДРБП-03 – дозиметр-радиометр

ИИ – ионизирующее излучение

ИМКЭС СО РАН – Институт Мониторинга Климатических и Экологических Систем Сибирское Отделение Российской Академии Наук

НИР – научно-исследовательская работа

ОВП – огнетушитель воздушно-пенный

ОП – огнетушитель порошковый

ПК – персональный компьютер

ПЭВМ – персональная электронная вычислительная машина

СВЭ – снежный водный эквивалент

ТПУ – Томский Политехнический Университет

ЧС – чрезвычайная ситуация

SWE – snow water equivalent

## Содержание

Введение .....	12
1 Литературный обзор по снежному водному эквиваленту .....	14
1.1 Снежный водный эквивалент .....	14
2 Метод определения СВЭ в снежном покрове через измерение мощности дозы гамма-излучения.....	22
2.1 Измерение гамма-фона приземной атмосферы .....	22
2.2 Метод определения СВЭ.....	24
2.3 Заключение по главе .....	26
3 Разработка и установка эталонного пункта .....	27
3.1 Заключение по главе .....	29
4 Исследование пространственной и временной динамики СВЭ .....	30
4.1 Заключение по главе .....	40
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	42
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	43
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	43
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	43
5.1.3 SWOT-анализ.....	45
5.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	47
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	47
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения НИР .....	49
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	50
5.2.4 Разработка графика проведения научного исследования .....	51
5.2.5 Бюджет научно-технического исследования .....	53
5.2.5.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	53
5.2.5.2 Расчет амортизации специального оборудования .....	53
5.2.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	55
5.2.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды .....	57

5.2.5.5 Накладные расходы .....	58
5.2.5.6 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования .....	58
5.2.6 Определение ресурсной эффективности исследования .....	59
6. Социальная ответственность .....	63
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	64
6.1.1 Организационные мероприятия .....	64
6.1.2 Технические мероприятия .....	64
6.2 Производственная безопасность .....	67
6.2.1 Микроклимат .....	68
6.2.2 Шум и вибрация .....	69
6.2.3 Освещение .....	69
6.2.4 Электромагнитное поле .....	70
6.2.5 Ионизирующее излучение .....	71
6.2.6 Психофизиологические факторы .....	71
6.2.7 Электробезопасность .....	73
6.3 Экологическая безопасность .....	76
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	77
Заключение .....	81
Список публикаций .....	82
Список литературы .....	83
Приложение А .....	87
Приложение Б .....	96

## Введение

Атмосферный радиационный гамма-фон начали контролировать еще с середины 20 века в связи с массовыми испытаниями ядерного оружия и контролируют по сей день. Данные по измерению радиационного фона находятся в свободном доступе.

Российскими и зарубежными учеными было отмечено, что гамма-фон пропорционально снижается с ростом снежного покрова. Однако, корреляционный анализ, проведенный в ТПУ, показал не значимую, слабую взаимосвязь с высотой снежного покрова и сильную корреляцию с количеством выпавших осадков, которое характеризуют как снежный водный эквивалент(СВЭ). СВЭ – характеристика толщины и плотности снежного покрова, характеризующая запасы снега на определенной территории.

Для сельскохозяйственных предприятий очень важно понимать, на какое количество осадков стоит рассчитывать в целях экономии ресурсов и времени. Применение методов контроля влажности почвы позволяет повысить урожайность в сельском хозяйстве. Для экономии ресурсов важно учитывать количество накоплений влаги за зимний период. Известные методы измерения являются трудозатратными и не позволяют полной автоматизации, поэтому требуется альтернативный метод.

Учеными ТПУ и ИМКЭС СО РАН был разработан метод, позволяющий определить СВЭ по динамике мощности дозы гамма-излучения в атмосфере.

Цель написания магистерской диссертации – исследование связи СВЭ с мощностью дозы гамма-излучения в атмосфере с целью внедрения альтернативного метода определения СВЭ.

Цель работы обусловила постановку и решение следующих задач:

– произвести обзор литературы по теме исследования;

- проанализировать многолетние данные и внедрить метод определения СВЭ;
- разработать эталонный пункт;
- исследовать пространственную и временную динамику СВЭ на сельскохозяйственных полях, экспериментальной площадке и эталонном пункте;
- сделать выводы.

# **1 Литературный обзор по снежному водному эквиваленту**

## **1.1 Снежный водный эквивалент**

Многие почвенные процессы, климат, рельеф, жизнь животных и растений сильно зависят от снега или снежного покрова. Хозяйственную деятельность многих областей и регионов определяют те же наводнения, спровоцированные таянием снега. В следствие этого и важно понимать и оценивать запас воды, который накапливается в снежном покрове за зиму.

В действительности, сейчас, чтобы оценить характеристики снега проводится забор проб с помощью снегомерной съемки, сам процесс является очень трудоёмким. Это сильно усложняет оперативно оценить запас снега, в первую очередь при развитии половодий. Как уже известно, фоновое излучение земной поверхности ослабляется покровом снега, для качественной и быстрой оценки состояния снежного покрова был разработан метод определения важнейшей характеристики снежного покрова – СВЭ, которая сильно коррелирует с фоновым гамма-излучением.

Снежный водный эквивалент (СВЭ) является стандартной величиной измерения снежного покрова. СВЭ – это количество воды, которая содержится в снежном покрове. Данную величину следует рассматривать как количество воды, которая теоретически может возникнуть, если мгновенно растопить весь снежный покров.

СВЭ используется в первую очередь для определения глубин снега. Чтобы определить глубину снега по СВЭ нужно знать плотность снега. Плотность свежеснежавшего снега колеблется от примерно 5%, когда температура воздуха составляет  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , до примерно 20%, когда температура составляет  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . После падения снега его плотность увеличивается из-за гравитационного осаждения, уплотнения ветра, таяния и рекристаллизации.

## 1.2 Способы измерения высоты снежного покрова, осадков, СВЭ

Для определения запасов снега, а также воды, которая накапливается на естественном ландшафте, например, на полях, лесах и в оврагах, производятся наблюдения за покровом снега, состоящие из постоянного мониторинга за динамикой водного эквивалента, а также сезонных снегосъемок.

Параметры, определяемые при постоянном мониторинге снежного покрова:

- степень покрытия снегом;
- вид снега (снежного покрова);
- строение снежного покрова;
- толщину снега на обсервационной площадке.

Параметры, определяемые при замерах снега на определенном маршруте:

- среднюю высоту;
- среднюю плотность;
- структурированность снега;
- вид залегания снега;
- покрытие снегом;
- вид почвы, находящейся под снегом (мерзлая, талая).

Наблюдатель, осматривая территорию оценивает, как залегает снежный покров, структуру снега и то как почва покрыта снегом, согласно принятым шкалам.

Для измерения высоты снежного покрова производятся замеры между поверхностями земли и снежного покрова. Отношение массы снега по вертикали к объему – это плотность снежного покрова. Однако, к плотности снега не относят снег, который насыщен водой, ледяную корку с поверхности

земли и воду под снегом. Для расчета запаса воды внутри снега используют вычисления значений средней плотности и высоты снега.

Для проведения измерений существует ряд приборов, перечисленных далее:

- снегомерная рейка;
- весовой снегомер;
- линейка со специальной шкалой делений (1мм).

### **Способы определения СВЭ**

Известен способ определения СВЭ в снежном покрове путем прямого измерения водного эквивалента снежного покрова. Способ заключается в измерении массы образцов снега, извлеченных из снежного покрова с помощью пробоотборника весового снегомера. Пробоотборник весового снегомера представляет собой полый цилиндр. Для проведения измерения цилиндр вертикально погружают в снег до контакта с почвой. Цилиндр, содержащий снег, вынимают и взвешивают на специальных весах, входящих в комплект снегомера. Плотность снега рассчитывают из полученного веса и объема пробы. Весовым снегомером можно сразу определить влагозапас в снежном покрове в метрах, а также рассчитать, сколько воды в тоннах или кубических метрах получит 1 га от таяния снега.

Однако способ трудоемок. Внутреннюю поверхность пробоотборника трудно очистить от снега, влаги, грунта, остатков растительности, что снижает достоверность результатов измерений. При проведении механических измерений зачастую теряются отдельные части прибора.

Вторым известным радиометрическим способом определения СВЭ в снежном покрове является способ, основанный на пассивном сверхвысокочастотном зондировании, заключающийся в определении высоты снежного покрова и запаса снега по данным, полученным с искусственных спутников.

С помощью данного способа производится картирование областей, где залегают снег, выявляется состояние снега и выделяются границы площадей, где происходит одновременное снеготаяние. СВЭ в снежном покрове определяют из снегозапаса параллельно с оценкой высоты снежного покрова.

Использование способа требует организации дополнительных трассовых измерений толщины снежного покрова или проведения измерений в репрезентативных реперных точках, что усложняет процесс оценки влагозапаса.

Третий известный способ определения СВЭ в снежном покрове, основан на зависимости гамма-излучения в атмосфере от СВЭ в снежном покрове. Способ заключается в измерении числа фотонов гамма-излучения во время полетов на самолете. Высота полета варьируется от 20 до 100 метров. Изменение СВЭ в снежном покрове за время между двумя полетами определяют из выражения

$$\Delta P = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{I_1}{I_2}, \quad (1)$$

где  $\Delta P$  – изменение влагозапаса в снежном покрове между двумя полетами;

$I_1$  и  $I_2$  - число фотонов гамма-излучения с энергией в интервале от  $E_1$  до  $E_2$  в первом и втором полетах, соответственно;

$\alpha$  – коэффициент, характеризующий спектральные характеристики излучения.

Сложность этого способа заключается в необходимости использования авиации.

### **1.3 Приборы для проведения измерений гамма-фона и последующего определения СВЭ**

Для проведения ряда измерений мощности дозы гамма-излучения существует несколько типов дозиметров и дозиметров-радиометров. Одним из самых удобных в эксплуатации является дозиметр-радиометр ДРБП-03.

Дозиметр-радиометр ДРБП-03 измеряет мощность амбиентного эквивалента дозы и амбиентного эквивалента дозы фотонного ионизирующего (рентгеновского и  $\gamma$ ) излучения, плотности потока  $\alpha$ -,  $\beta$ -частиц.

Дозиметры-радиометры применяют для длительного мониторинга радиационной обстановки, а также для разовых измерений, с помощью которых могут быть составлены радиационные карты определенных мест. С помощью дозиметров можно исследовать радиационные аномалии, производить поиск загрязнений помещений, одежды, аппаратуры, металлолома и т.д.

По устойчивости и прочности к климатическим и механическим воздействиям при эксплуатации дозиметры-радиометры относятся к группе исполнения V3 ГОСТ 12997-84: Вид климатического исполнения С3 ГОСТ 12997-84.

Рабочие условия эксплуатации дозиметров-радиометров:

- температура окружающего воздуха от -20 до +50°C;
- относительная влажность воздуха до 95% при 35°C;
- атмосферное давление 84-106,7 кПа;
- допускается использование в помещениях с плохой освещенностью и в темноте.

В состав дозиметра-радиометра входят измерительные блоки, а также сменные блоки детектирования. ДРБП-03 способен измерять ИИ, вид и энергетический диапазон, величины которых указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики дозиметра-радиометра ДРБП-03.

п.	Вид ионизирующего излучения, измеряемая величина	Энергетический диапазон измеряемого излучения или нуклида	Тип блока
1.	Альфа-излучение		
1.1.	Плотность потока альфа-частиц	Плутоний-239	БДБА-02

2.	Бэ́та-излучение		
2.1.	Плотность потока бэ́та-частиц	От 0,15 до 3,5 МэВ	БДБА-02
3.	Рентгеновское и гамма-излучение		
3.1.	МЭД	От 0,05 до 3,0 МэВ	Пульт, БДГ-01
3.2.	ЭД	0,05 до 3,0 МэВ	Пульт



Рисунок 1 – Дозиметр-радиометр ДРБП-03.

Вторым, но более сложным устройством для проведения измерений, является блок детектирования БДКГ-03 в совокупности с ПК с предустановленным программным обеспечением.

БДКГ-03 – Высококчувствительный сцинтилляционный интеллектуальный блок детектирования гамма-излучения, предназначенный для поиска, быстрого обнаружения и локализации источников гамма-излучения с чувствительностью по  $^{137}\text{Cs}$  350 (имп/с)/(мкЗв/ч), а также для измерения мощности амбиентной эквивалентной дозы и дозы гамма-излучения в диапазоне энергий 50 кэВ – 3 МэВ.

Области применения:

– Поиск, обнаружение и локализация источников ионизирующих излучений

- Радиационный контроль металлолома - МУК 2.6.1.1087-02
- Радиационный контроль окружающей среды, территорий, объектов, сырья и материалов
- Дозиметрический и радиометрический контроль на промышленных предприятиях
- Контроль неоднородности загрязнений

Преимущества БДКГ-03:

- Высокая чувствительность;
- Поиск источников гамма-излучения;
- Высокоинтеллектуальный блок;
- Широкий температурный спектр;
- Хранение в энергонезависимой памяти прибора и передача в ПЭВМ до 500 измеренных спектров;
- Все возможности для радиационного контроля металлолома в соответствии с МУК 2.6.1.1087-02;
- Возможность размещения в герметичном контейнере с целью погружения на тресе в жидкую среду для измерения мощности амбиентной эквивалентной дозы в водоемах и скважинах. Основные технические характеристики БДКГ-03 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики БДКГ-03.

Детектор	NaI(Tl), ø25x40 мм
Диапазон измерения мощности амбиентной эквивалентной дозы гамма-излучения, мкЗв/ч	0,03 - 300
Диапазон измерения амбиентной эквивалентной дозы гамма-излучения	0,03 мкЗв - 10 мЗв
Диапазон энергии	50 кэВ - 3 МэВ
Основная погрешность измерения, %	не более ±20
Диапазон рабочих температур, °С	-30.....+50



Рисунок 2 – Блок детектирования БДКГ-03

#### **1.4 Заключение по главе**

В данной главе было рассмотрено понятие одной из характеристик снежного покрова – СВЭ, рассмотрены основные способы измерения высоты снежного покрова, осадков и непосредственно самого СВЭ.

Так же были определены наиболее подходящие для измерения мощности гамма-фона приборы, данные которых необходимы для определения СВЭ.

## **2 Метод определения СВЭ в снежном покрове через измерение мощности дозы гамма-излучения**

### **2.1 Измерение гамма-фона приземной атмосферы**

Измерение гамма-фона в общем плане является актом с использованием детектора для определения уровня или количества радиоактивности на поверхности или в образце материала. На сегодня есть несколько методов измерений, но самые обычные методы сбора радиационных данных при проведении обследований включают в себя: прямые измерения, сканирование и отбор проб[9].

Мониторинг радиоактивности воздуха широко используется в качестве системы раннего оповещения о ядерных аварийных ситуациях, вытекающие из того, что самый быстрый естественный конвейер радионуклидов - воздух.

Измерения атмосферной радиоактивности в реальном времени для своевременного обнаружения ядерных аварий являются довольно сложной задачей из-за низких концентраций радиоактивности. Некоторые из измерений, таким образом, достигаются за счет использования проб воздуха на линии через этап перемещения фильтр - ленты. Эти измерения могут быть дополнительно использованы для анализа пространственных и временных вариаций естественной радиоактивности и особенно для радона и его короткоживущих продуктов распада[10].

Мониторингом концентрации радионуклидов в нижних слоях воздуха было установлено, что они коррелируют с метеорологическими параметрами, такими как температура воздуха, влажность, скорость воздуха, атмосферного электрического поля и направления воздушного потока. Концентрация радионуклидов в различных объектах окружающей среды (например, почва,

вода, воздух) является радиологическим параметром, как правило, определяющийся с помощью полевых измерений и лабораторных анализов. Некоторые радионуклиды или радионуклидные смеси могут потребовать измерения гамма-излучений. В дополнение к оценке каждого обследования блока в целом, любые небольшие участки повышенной активности должны быть идентифицированы, а их масштабы и виды деятельности определены.

В связи с многочисленными требованиями детектора, ни один прибор не способен адекватно измерить все параметры или удовлетворить все цели обследования. Выбор приборов требует оценки места и конкретных радионуклидных параметров и условий[11]. Инструменты должны быть стабильными и надежными в соответствии с экологическими и физическими условиями, где они используются, и их физические характеристики (размер и вес) должны быть совместимы с предполагаемым применением.

Прибор и метод измерения должны быть в состоянии определить тип излучения и измерять уровни, которые меньше, чем производный уровень концентрации основного состояния. Многочисленные коммерческие фирмы предлагают широкий спектр инструментов, подходящих для радиационных измерений. Эти фирмы обычно предоставляют исчерпывающую информацию о возможностях, эксплуатационных характеристиках, ограничениях и т.д.

Изучение профильных измерений  $\gamma$ -излучений полей привлекло большое внимание к свойствам радионуклидов и ионизирующих излучений, активно используемых с древних времен для получения новых знаний о динамических процессах в атмосфере и литосфере, а также прогнозирования природных и техногенных опасностей[12].

Ионизирующее излучение (ИИ) и естественная радиоактивность имеют огромное значение в радиоэкологии и радиобиологии, радиационной защите, строительстве и геофизике. Атмосферное поле ИИ представляют особый интерес в области радиоэкологии и радиобиологии для оценки малых (фоновых) доз населения и воздействия окружающей среды. В связи с этим,

исследовательские группы и правительственные структуры осуществляют радиационный мониторинг атмосферы земли.

## 2.2 Метод определения СВЭ

Учеными ТПУ и ИМКЭС СО РАН был разработан метод, позволяющий определить СВЭ по динамике мощности дозы гамма-излучения в атмосфере.

Согласно изобретению производят два измерения мощности дозы гамма-излучения на одной и той же высоте от земной поверхности, первое – до выпадения снега, второе – перед началом таяния снежного покрова, в дневное время суток и не менее чем через 3,5 часа после выпадения снега, а СВЭ в снежном покрове определяют из выражения [13]:

$$W = \ln \frac{\dot{H}_1}{\dot{H}_2} / \mu, \quad (2)$$

где  $W$  – СВЭ в снежном покрове, м;

$\dot{H}_1$  – измеренное до выпадения снега значение мощности дозы гамма-излучения, Зв/с;

$\dot{H}_2$  – измеренное перед началом таяния снежного покрова значение мощности дозы гамма-излучения, Зв/с;

$\mu$  – линейный коэффициент ослабления излучения, 1/м.

Известно, что в теплый период года (без снежного покрова) суммарная мощность дозы гамма-излучения в приземной атмосфере складывается из разных компонент: атмосферные и почвенные радионуклиды, космическая радиация.

Количественной характеристикой интенсивности турбулентного перемешивания в приземной атмосфере является коэффициент турбулентности. При низком коэффициенте турбулентности гамма-излучение короткоживущих дочерних продуктов распада радона, содержащихся в

атмосфере, вносит существенный (до 20%) вклад в суммарную мощность дозы гамма-излучения в приземной атмосфере. Проведение измерений в то время суток, когда интенсивность турбулентного перемешивания в приземной атмосфере максимальна, позволяет уменьшить этот вклад до единиц %. Максимум коэффициента турбулентности наблюдается в дневные часы.

Так как зимой плотность потока радона из грунта в атмосферу существенно снижается, в среднем, в 2–3 раза, то это приводит к пропорциональному снижению среднего содержания радона и дочерних продуктов его распада в атмосфере, что позволяет пренебречь вкладом атмосферных радионуклидов в суммарную мощность дозы гамма-излучения в приземной атмосфере.

Вклад космической радиации в суммарную мощность дозы гамма-излучения в приземной атмосфере на высотах до 50 м от земной поверхности составляет около 1 %, следовательно, вкладом космической радиации можно пренебречь.

Таким образом, мощность дозы гамма-излучения в приземной атмосфере формируется, в основном, за счет почвенных радионуклидов [14].

Поскольку, при выпадении атмосферных осадков гамма-излучение осажденных на земную поверхность дочерних продуктов распада изотопов радона существенно увеличивает мощность дозы гамма-излучения приземной атмосферы в 2 и более раз, то необходимо выждать не менее 3,5 часов (около 7 периодов полураспада) до полного распада осажденных радионуклидов, чтобы избежать их влияния на результаты измерений  $\dot{N}_1$  и  $\dot{N}_2$ .

Выбор высоты измерения мощности дозы гамма-излучения ограничен только высотой снежного покрова и техническими возможностями.

Определение линейного коэффициента ослабления излучения  $\mu$  гамма-излучения снегом не представляет особой сложности, поскольку необходимые для его расчета данные по удельным активностям радионуклидов  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  и  $^{137}\text{Cs}$  содержатся в научной литературе и в отчетах о геологических изысканиях [15].

Таким образом, предложенный метод определения СВЭ в снежном покрове является простым, поскольку достаточно произвести только два измерения мощности дозы гамма-излучения в отсутствие снежного покрова и перед началом таяния снежного покрова.

Метод определения СВЭ снежного покрова по измеренной мощности дозы гамма-излучения пригоден как для разовых измерений[16], так и для мониторинга, если используются дозиметры или блоки детектирования гамма-излучения, работающие в режиме мониторинга.

### **2.3 Заключение по главе**

В данной главе были рассмотрены понятия естественной радиоактивности, ионизирующего излучения и радиационного мониторинга.

Так же представлен простой в использовании, при этом надежный и недорогой метод определения СВЭ снежного покрова через измерения мощности дозы гамма-излучения, разработанный в ТПУ.

### 3 Разработка и установка эталонного пункта

Для проведения длительного мониторинга динамики мощности дозы гамма-излучения, а также для сравнения результатов измерения гамма-фона в городской среде, на сельскохозяйственных полях и на значительном удалении от города, недалеко от к.Бактин (Рисунок 3) был установлен эталонный пункт измерений.

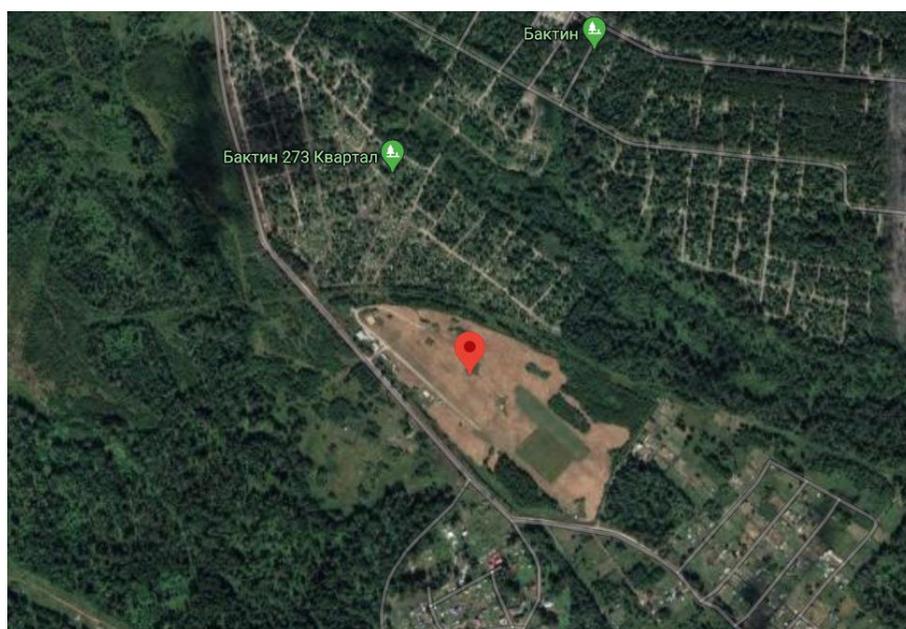


Рисунок 3 – Расположение эталонного пункта

Эталонный пункт представляет из себя треногу с пятью детекторами (2-альфа, 1-бэта, 1-гамма, 1-фотонный), подключенными к ПЭВМ с предустановленным программным обеспечением, а также доступом в интернет, расположенную на охраняемой территории. Детекторы функционируют на постоянной основе, результаты измерений в виде архива автономно передаются на сетевой диск.

Детекторы расположены на высоте 1м от поверхности земли на удалении 300м от ближайших наблюдательных вагончиков. Для защиты датчиков от осадков и птиц были сконструированы специальные чехлы из

обычных строительных труб, заглушек, полипропилена и спиц от зонтов.  
Процесс изготовления чехлов представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Изготовление чехлов для защиты детекторов

Измерения мощности дозы гамма-излучения на эталонном пункте показали значения на 15% ниже, чем в условиях городской среды, значение погрешности измерений оказалось ниже на 2% и составило 2,7%.



Рисунок 5 – Установка эталонного пункта

### 3.1 Заключение по главе

В данной главе был рассмотрен процесс разработки и установки эталонного пункта измерений мощности дозы гамма-излучения около к.Бактин.

## 4 Исследование пространственной и временной динамики СВЭ

Для проведения измерений были выбраны четыре сельскохозяйственных поля по направлению Томск–Синий Утес, вдоль улицы Басандайской. Расположение полей представлено на рисунке 6.



Рисунок 6 – Сельскохозяйственные поля вдоль улицы Басандайской.

Координаты полей:

- Поле 1 - 56°22'51.7"С 84°58'51.2"В
- Поле 2 - 56°22'25.6"С 84°58'39.3"В
- Поле 3 - 56°22'03.0"С 84°58'13.0"В
- Поле 4 - 56°21'25.8"С 84°58'01.0"В

Для сравнения результатов, полученных в ходе измерения на сельскохозяйственных полях, были взяты данные по мощности дозы гамма-излучения с экспериментальной площадки ТПУ-ИМКЭС СО РАН. Координаты экспериментальной площадки: 56°28'31.4"С 85°03'15.2"В.

Изначально проведение измерений планировалось дозиметром-радиометром ДРБП-03. Эксперимент был проведен зимой 2018 – весной 2019 года. Процесс измерений представлен на рисунках 7 и 8.



Рисунок 7 – Измерения мощности дозы гамма-излучения на сельскохозяйственных полях зимой 2018-2019г.



Рисунок 8 – Измерения мощности дозы гамма-излучения на сельскохозяйственных полях весной 2019 года.

По результатам измерений дозиметром-радиометром ДРБП-03, с помощью формулы (2) был рассчитан СВЭ за зиму 2018-2019 года. Значение

коэффициента линейного ослабления ( $\mu$ ) было рассчитано с помощью метода Монте-Карло в компьютерной лаборатории PCLab.

Результаты расчетов представлены на рисунке 9.

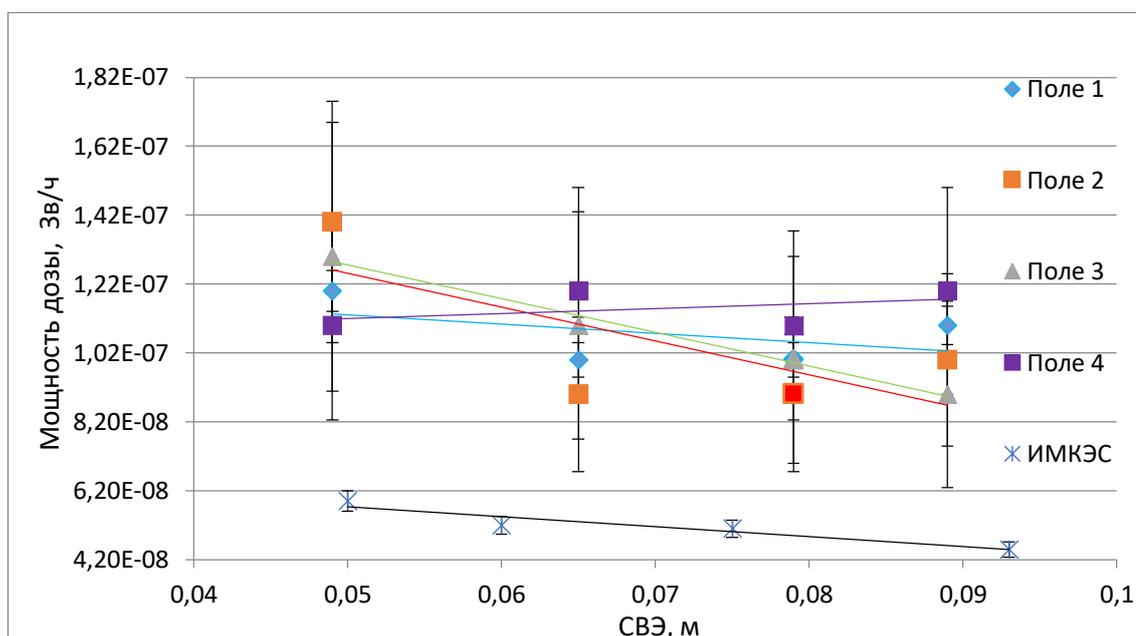


Рисунок 9 – Зависимость СВЭ от мощности дозы гамма-излучения, при анализе результатов, полученных с помощью ДРБП-03.

Однако анализ результатов измерений не показал значимой корреляции СВЭ и мощности дозы гамма-излучения. Неудовлетворительный результат был обусловлен большой погрешностью самого дозиметра-радиометра (25%). Плюс ко всему, при отрицательной температуре был замечен сильный разброс значений.

Для сравнения была построена зависимость СВЭ от мощности дозы гамма-излучения на экспериментальной площадке ИМКЭС, где измерения гамма-фона производятся с помощью блока детектирования БДКГ-03.

Для увеличения точности эксперимента и уменьшения погрешности был выбран блок детектирования БДКГ-03, подключенный к ПК (переносной ноутбук) с предустановленным программным обеспечением. Дальнейший ход эксперимента протекал с использованием именно этой установки.

На рисунке 10 отображен ход измерений с использованием установки БДКГ-03 – ПК осенью 2019 года.



Рисунок 10 – Измерения мощности дозы гамма-излучения на сельскохозяйственных полях осенью 2019 г.

С помощью вышеупомянутой формулы (2) был произведен расчет СВЭ по результатам измерения мощности дозы гамма-излучения и построены графики. Например, для поля 1, СВЭ получился равным:

$$W_1 = \frac{\ln \frac{\dot{H}_1}{\dot{H}_2}}{\mu} = \frac{\ln \left( \frac{7,2 \cdot 10^{-8} \frac{\text{ЗВ}}{\text{ч}}}{5,6 \cdot 10^{-8} \frac{\text{ЗВ}}{\text{ч}}} \right)}{7,5 \frac{1}{\text{м}}} = 0,033 \text{ м}$$

где  $\dot{H}_1$  – измерение мощности дозы гамма-излучения перед выпадением осадков,

$\dot{H}_2$  – измерение мощности дозы гамма-излучения после первого снега.

В результате измерений и расчетов были получены следующие зависимости, представленные на рисунках 11-15.

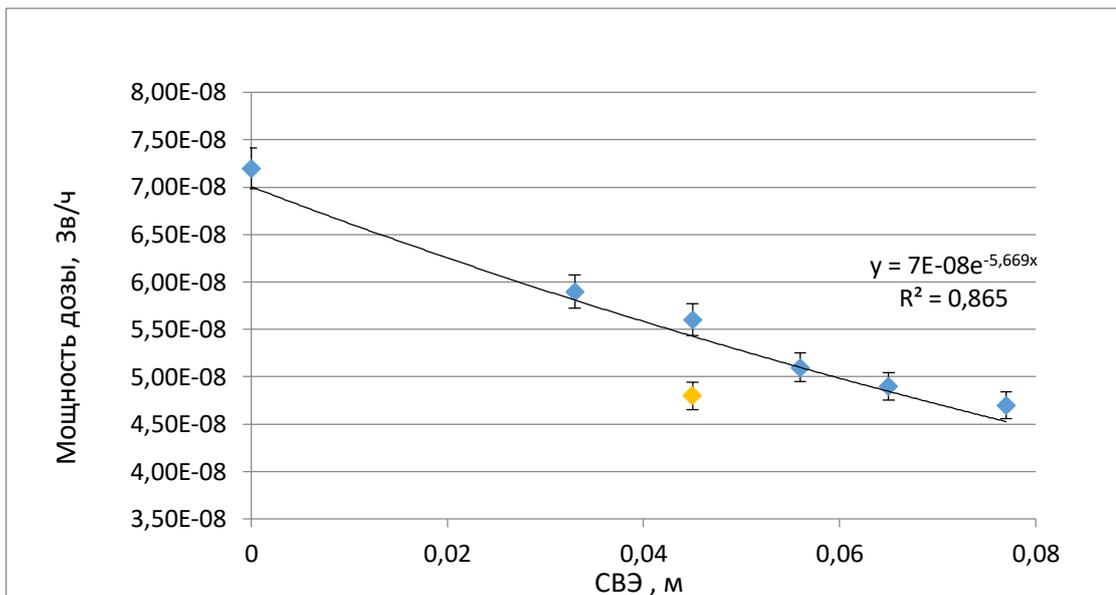


Рисунок 11 – Динамика мощности дозы в зависимости от СВЭ на сельскохозяйственном поле 1.

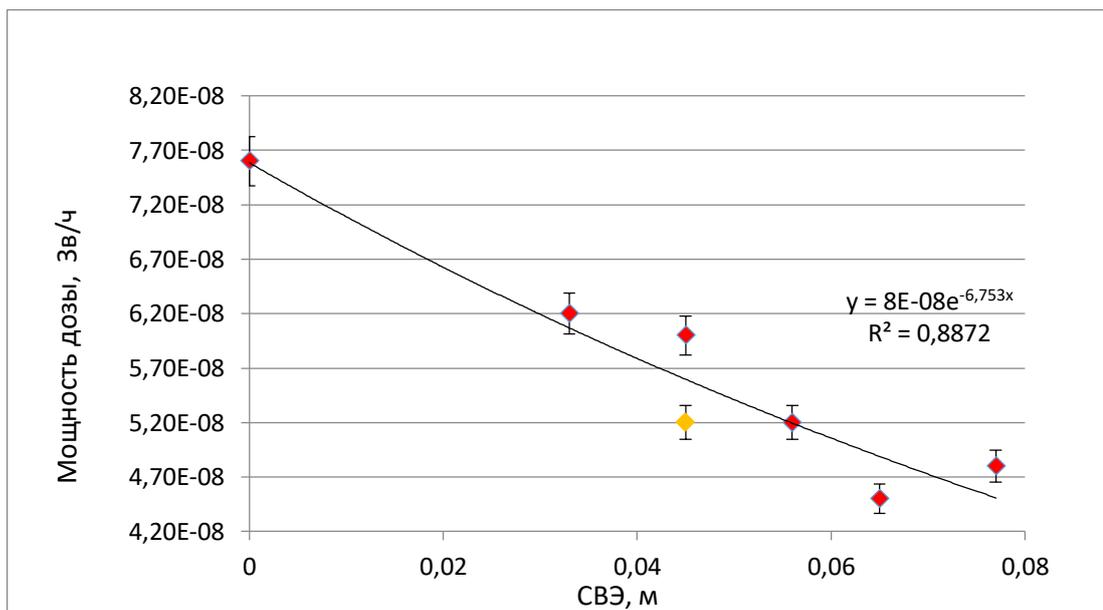


Рисунок 12 – Динамика мощности дозы в зависимости от СВЭ на сельскохозяйственном поле 2.

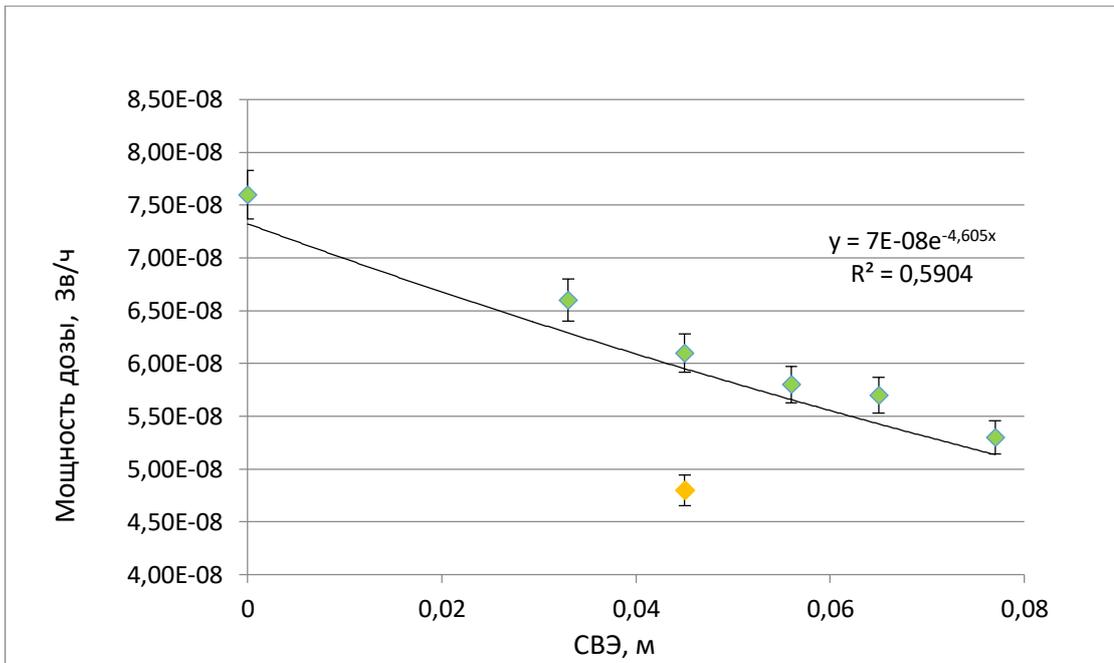


Рисунок 13 – Динамика мощности дозы в зависимости от СВЭ на сельскохозйственном поле 3.

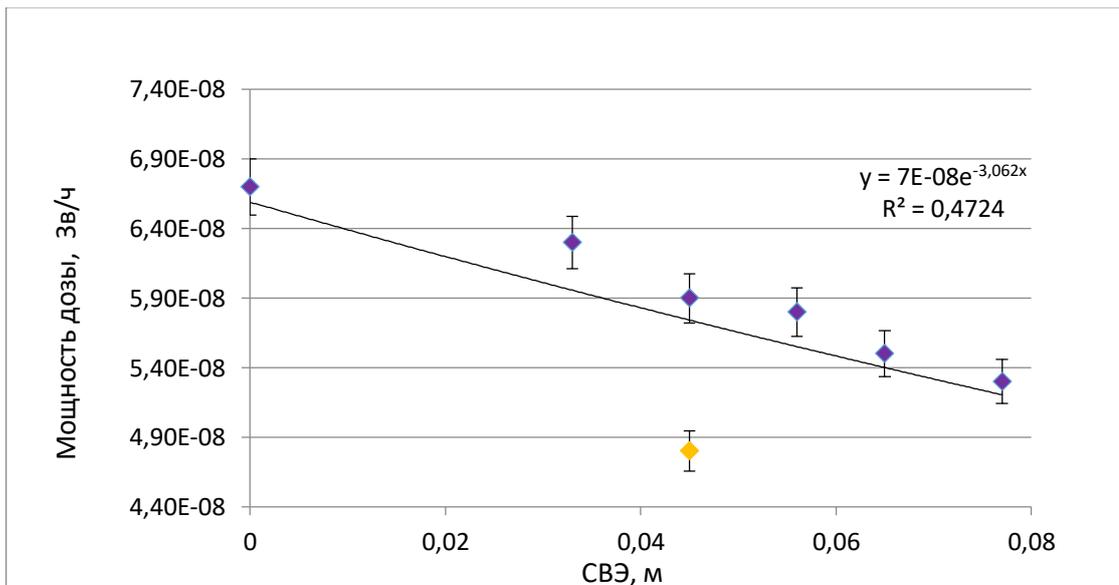


Рисунок 14 – Динамика мощности дозы в зависимости от СВЭ на сельскохозйственном поле 4.

На рисунках 10-14 желтой точкой обозначено однократное измерение с эталонного пункта, произведенное 9 ноября 2019 года, в начале подготовки эталонного пункта. Полученное значение СВЭ совпало со значениями, посчитанными в этот же день на четырех сельскохозйственных полях.

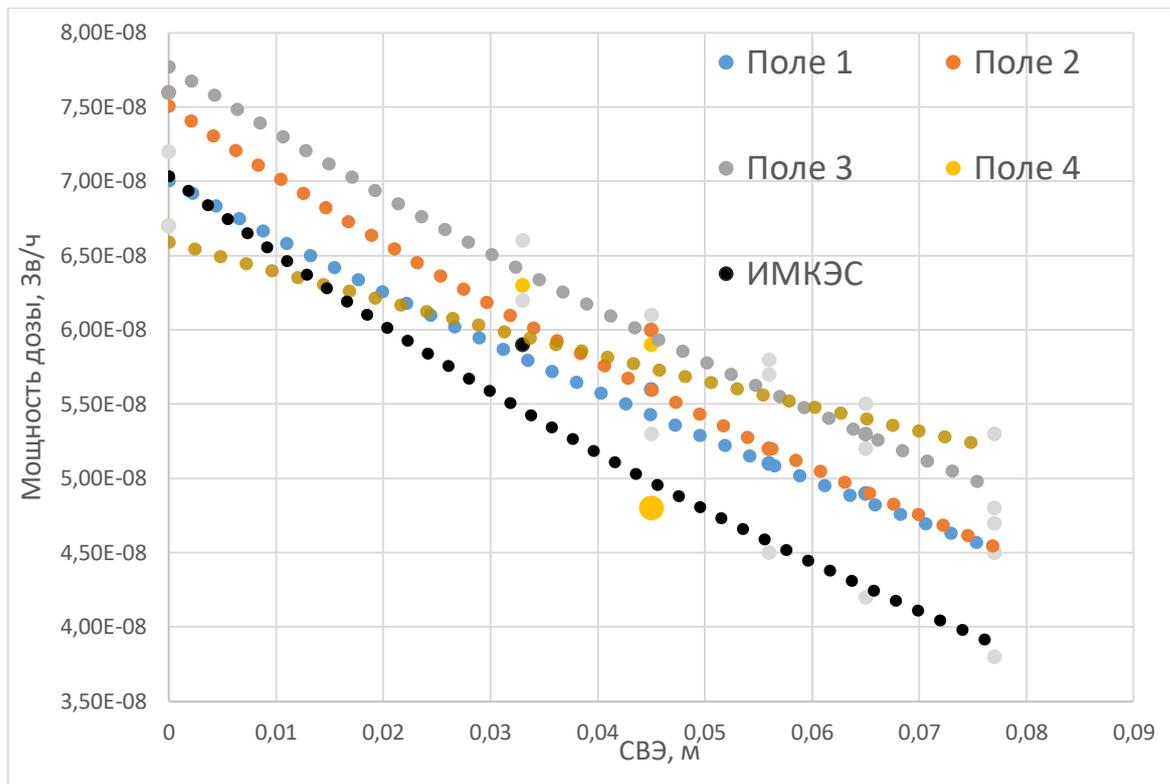


Рисунок 15 – Изменение мощности дозы гамма-излучения с увеличением СВЭ снежного покрова приземной атмосферы на сельскохозяйственных полях, экспериментальной площадке и эталоне.

Анализ результатов измерений на 4х близких по расположению полях показал, что с увеличением СВЭ мощность дозы гамма-излучения уменьшается экспоненциально на каждом поле. Есть лишь незначительные различия в скорости снижения гамма-фона, которые могут быть обусловлены разным радионуклидным содержанием почв.

Измерение, сделанное на эталонной точке, еще больше удаленной от городской среды и от продуктов жизнедеятельности человека, показало более низкий результат по мощности дозы, но идентичный результат СВЭ.

Так же, анализ данных позволяет утверждать, что зависимости носят схожий характер, выделяется лишь поле №4, т.к. в радиусе 400м находится горнолыжный курорт с несколькими постройками, которые могут вносить вклад в фоновое значение гамма-фона.

Для подтверждения корректности полученных результатов был произведен анализ динамики СВЭ за последние годы, данные взяты с архива погоды сайта [gr5.ru](http://gr5.ru), значения мощности дозы гамма-излучения взяты с экспериментальной площадки ТПУ-ИМКЭС СО РАН (измерения гамма-фона на 1 м), данные представлены на рисунках 16-18.

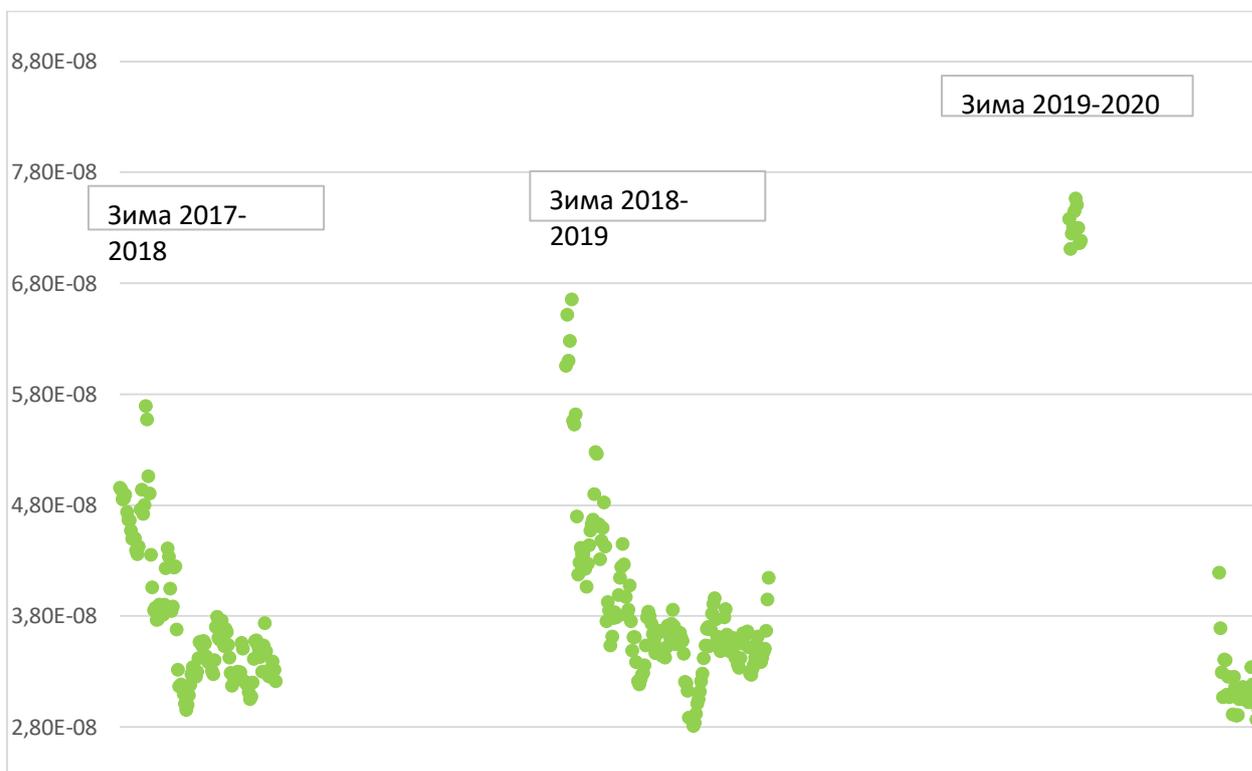


Рисунок 16 – Значения мощности дозы гамма излучения на экспериментальной площадке ТПУ-ИМКЭС.

В данном распределении мощности дозы есть максимумы (значительные всплески). Максимумы соответствуют промежуткам выпадения снежных осадков, соответственно в данный момент значение мощности дозы значительно увеличивается.

На графике за зиму 2018-2019г наблюдается существенный спад, который приходится на период сильных заморозков без осадков, также ветреная погода с ледяным туманом и дымкой.

На графике за зиму 2019-2020г промежуток времени без значений мощности дозы гамма-излучения приходится на период проведения инвентаризации в ТПУ.

Если не брать в расчет промежутки времени, когда выпадают осадки, то можно заметить, что мощность дозы гамма-излучения в зимнее время года уменьшается экспоненциально, что является немаловажным фактором с точки зрения радиобиологии.

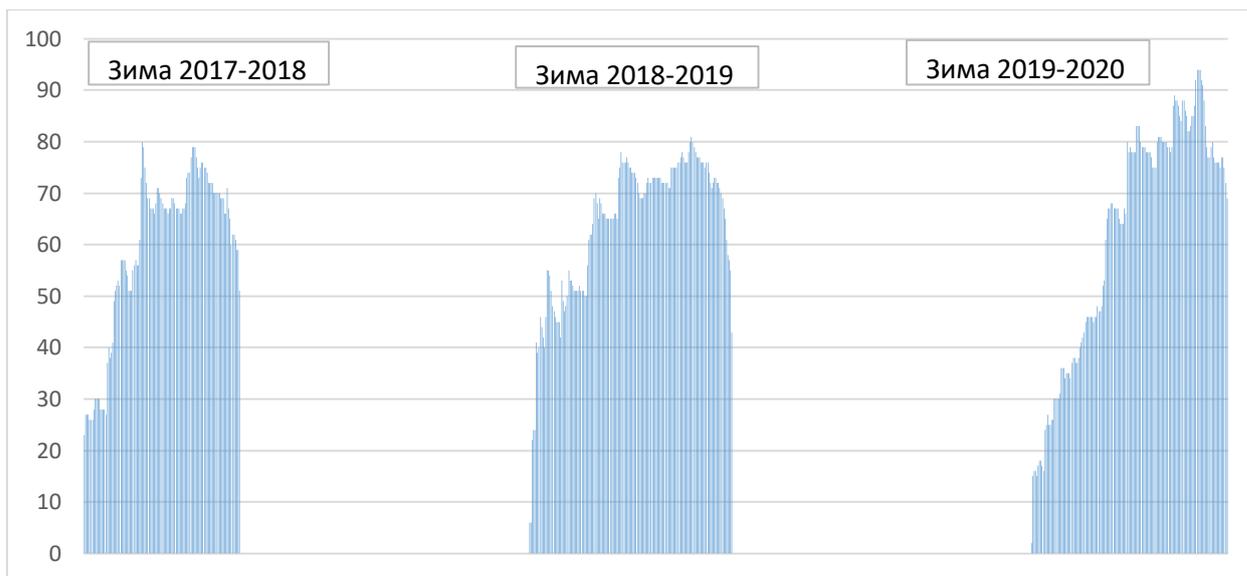


Рисунок 17 – Высота снежного покрова, см.

На рисунке 17 представлены данные о высоте снежного покрова за последние 3 зимы.

При сопоставлении графиков мощности дозы и высоты снежного покрова становится видно зависимость резкого увеличения высоты снежного покрова (период времени после осадков) и заметного снижения мощности дозы гамма-излучения.

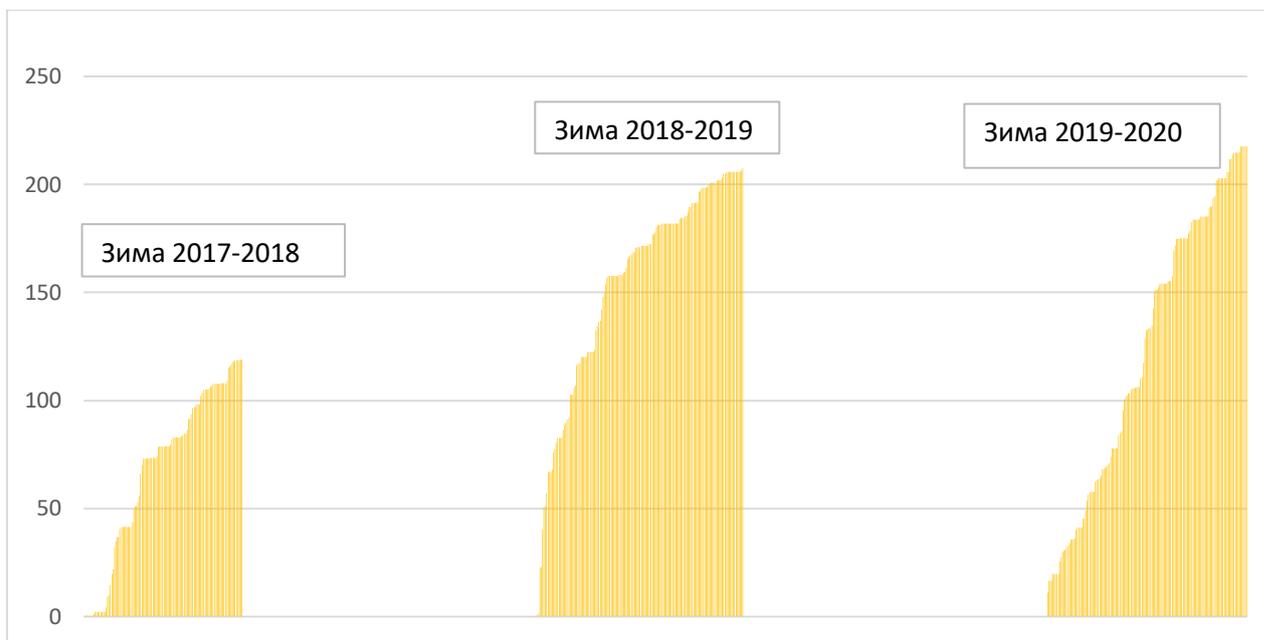


Рисунок 18 – СВЭ (мм).

На рисунке 18 представлена временная динамика СВЭ за последние годы. Динамика СВЭ за последние годы показывает значительный прирост данного значения, что является актуальным с точки зрения потенциальной ресурсной и финансовой экономии сельскохозяйственной промышленности.

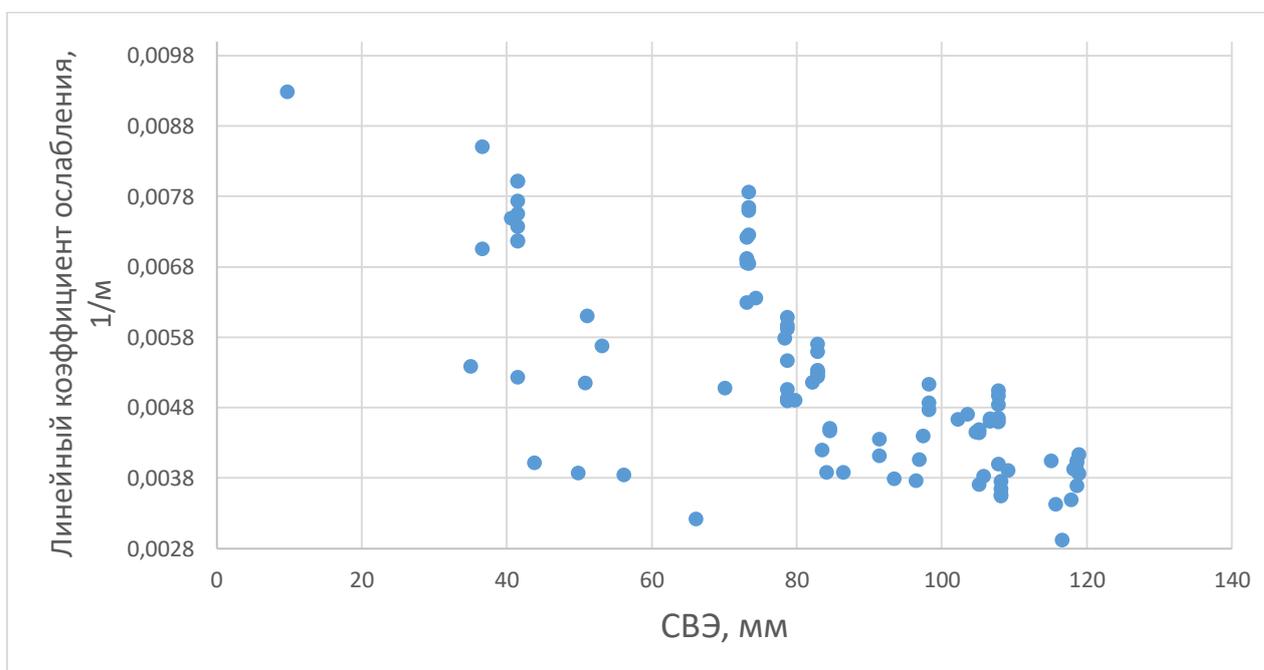


Рисунок 19 – Зависимость линейного коэффициента ослабления от СВЭ за зиму 2017-2018.



Построены зависимости мощности дозы гамма-излучения от СВЭ на четырех сельскохозяйственных полях и экспериментальной площадке ТПУ-ИМКЭС СО РАН.

Построены зависимости линейного коэффициента ослабления от СВЭ на экспериментальной площадке за зимы 2017-2018 и 2018-2019.

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

### **Введение**

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

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

исследования.

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

### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В зимний период было замечено снижение  $\gamma$ -фона, в основном это связывают с изменением таких характеристик, как давление и температура. В данной работе было исследовано влияния снежного покрова на динамику радиационного фона. Заинтересованность в проекте могут проявить различные метеорологические и геологические организации, научно-исследовательские институты, а также оперативные радиологические службы.

### **5.1.2 Анализ конкурентных технических решений**

Для анализа конкурентных технических решений были взяты экспериментальные измерения детекторами. 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;

$B_{kl}$  – измерения детекторами[17].

Таблица 3 – 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 4 – 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. Конкурентно способность	0,03	4	0,12	0,12
<b>Итого</b>	1	40	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.

### 5.1.3 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 6 – SWOT-анализ

Таблица 5 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>–С1. Достоверность полученных данных; –С2. Новизна научного исследования;</p> <p>–С3. Расширение границ применимости;</p> <p>–С4. Безопасность проведения исследования.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>– Сл1. Отсутствие финансирования;</p> <p>– Сл2. Большой срок обработки результатов; –Сл3. Отсутствие осведомленности об исследованиях данного типа.</p>
<p>Возможности:</p> <p>–В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p>–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.</p> <p>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.</p> <p>2. Усовершенствование <math>\gamma</math>-детекторов приведет к снижению погрешности измерения.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>– У1. Высокая конкуренция из-за модернизации других приборов;</p> <p>– У2. Отсутствие финансирования со стороны, как 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.;</p> <p>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 6 – интерактивная матрица

Сильные стороны научно–исследовательского проекта					
Возможности		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	0	+
	B2	-	+	+	-

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.

## **5.2 Планирование научно-исследовательских работ**

### **5.2.1 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 7 – 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

## 5.2.2 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (5)$$

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

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

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

### 5.2.3 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:

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

где  $T_{кг}$  – количество календарных дней в году;  
 $T_{вд}$  – количество выходных дней в году;  
 $T_{пд}$  – 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 8 – Временные показатели проведения научного исследования

i	Исполнитель	$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{\text{ож } i}$	$\text{Ч}_i$	$T_{pi}$ , раб.дн.	$T_k$ , 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

#### 5.2.4 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 свой тип штриховки. Календарный план график выполнения данной дипломной работы представлен в таблице [18].

Таблица 9 – Календарный план-график проведения НИР

№	Исп.	Тк. 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 И	1,7			□									
5	И	4,9			□									
6	И	25,4				□								
7	И	3,4								□				
8	И	2,4								□				
9	Р И	4,9								□				
10	И	3,4									□			
11	И	2,9										□		
12	И	3											□	

□ - инженер; ■ - руководитель; □ - руководитель, инженер.

## 5.2.5 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.

### 5.2.5.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Таблица 10 – материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	340	4	1 200
Картридж для лазерного принтера	3 490	1	3 490
Итого:			8 290

### 5.2.5.2 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:

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

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

Таблица 11 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	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:

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

### 5.2.5.3 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.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = (Z_{\text{м}} \cdot M) / F_{\text{д}}, \quad (11)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – 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;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 12 – 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:

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

Основная заработная плата руководителя за период проведения работ равна:

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

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

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

Таблица 13 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З <sub>тс</sub> , руб.	К <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб./месяц	З <sub>дн</sub> , руб./день	Т <sub>р</sub> раб.дн.	З <sub>осн</sub> , руб
Руководитель	36800	1,3	47840	1982	12	23784
Инженер	9893	1,3	12861	533	42	22386
<b>Итого З<sub>осн</sub></b>						<b>46170</b>

#### 5.2.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются 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:

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

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

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №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 в 2014 году водится пониженная ставка –30% [18].

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

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

$k_{\text{с}}$  - коэф. отчисления страховых взносов;

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

$$k_{\text{внеб}} = 0,3.$$

### 5.2.5.5 Накладные расходы

Затраты на электроэнергию для работы компьютера рассчитываются по формуле:

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

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

$F_{\text{об}} = 49 \cdot 6 = 294$  – 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.

### 5.2.5.6 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 14 – Бюджет на научно-исследовательский проект

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Сырье, материалы	8290
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>93152,41</b>

### 5.2.6 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;

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (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:

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

где  $I_{pi}$  – 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 15 – 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>	

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

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 ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

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

Таблица 16 – 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 **93152,41** 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.

## 6. Социальная ответственность

В современных условиях одним из основных направлений коренного улучшения всей профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда, то есть путем объединения разрозненных мероприятий в единую систему целенаправленных действий на всех уровнях и стадиях производственного процесса.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебнопрофилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководителями, инженерно-техническими работниками.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья[20].

На человека, работающего на ПЭВМ, воздействуют следующие вредные факторы: физические (температура и влажность воздуха; шум; статическое электричество; электромагнитное поле низкой частоты; освещённость; наличие излучения) и психофизиологические. Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы,

делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки). Опасным производственным фактором, возникающим при выполнении работы на ПЭВМ, является поражение электрическим током.

## **6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **6.1.1 Организационные мероприятия**

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому присваивается квалификационная группа по технике безопасности, соответствующая его знаниям и опыту работы и выдается специальная удостоверение.

Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

### **6.1.2 Технические мероприятия**

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации.

То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как показано на рисунке 21.

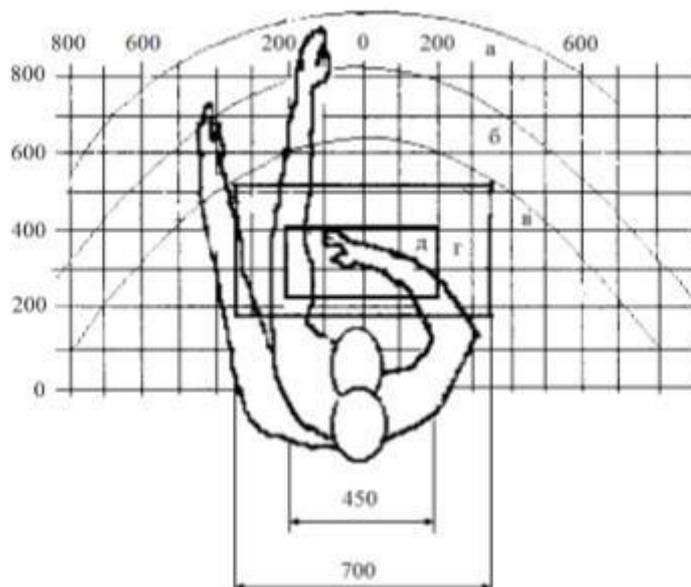


Рисунок 21 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости:

- а - зона максимальной досягаемости рук;
- б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;
- в - зона легкой досягаемости ладони;
- г - оптимальное пространство для грубой ручной работы;
- д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук:

- дисплей размещается в зоне а (в центре);
- клавиатура – в зоне г/д;
- системный блок размещается в зоне б (слева);
- принтер находится в зоне а (справа);
- документация размещается в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева): литература и документация, необходимая при работе;
- в выдвижных ящиках стола литература, не используемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования [20]:

1. Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680 – 800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается

клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм.

Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

2. Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а так же расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420 – 550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем.

3. Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500 – 600 мм. Согласно нормам угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45 ° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30 °. Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте + 3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

4. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15°. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

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.

## **6.2 Производственная безопасность**

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

При работе на ПЭВМ, на исследователя воздействуют следующие вредные факторы: физические (температура и влажность воздуха; шум; статическое электричество; электромагнитное поле низкой частоты; освещённость; наличие излучения) и психофизиологические. Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки). Опасным производственным фактором, возникающим при выполнении работы, является поражение электрическим током.

Ниже рассмотрены выявленные вредные и опасные факторы, также приведены меры защиты исследователя от их воздействия.

### 6.2.1 Микроклимат

Неблагоприятный микроклимат (воздух рабочей зоны) производственных помещений может привести к заболеваниям работающего. Микроклимат определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата приведены в таблице 1.

Таблица 17 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23 ÷ 25	40 ÷ 60	0,1
Тёплый	23 ÷ 25	40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. 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 [21].

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, и имеют следующие значения: влажность – 40%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом – 20 ÷ 25 °С,

зимой – 13 ÷ 15 °С. В помещении осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

### **6.2.2 Шум и вибрация**

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. 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 дБ [22].

### **6.2.3 Освещение**

Недостаточное освещение увеличивает количество ошибок в работе, повышает утомляемость, снижает производительность труда, вызывает заболевание органов зрения. Достаточное, но неправильное освещение деталей или рабочих поверхностей также неблагоприятно для самочувствия человека и производительности труда.

Основным способом защиты от недостаточного освещения является соблюдение норм освещенности, установленных по СНиП 23-05-95 [23]. 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.

Организация рабочего места может защитить от недостаточного освещения. Освещенность рабочего места должна быть равномерной. Рабочий стол должен располагаться в хорошо освещенном месте, желательно у окна. Человек за столом должен располагаться лицом или левым боком к окну (правша). Светильники искусственного света должны располагаться относительно тела человека аналогичным образом.

#### 6.2.4 Электромагнитное поле

Дисплей, процессор, клавиатура является источником электромагнитного излучения. Согласно [24] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 25 В/м;
- в диапазоне частот 2 кГц ÷ 400 кГц – 2,5 В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 250 нТл;
- в диапазоне частот 2 кГц ÷ 400 кГц – 25 нТл.

Для защиты от ЭМП можно увеличить расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя), а также применять фильтры и другие средства индивидуальной защиты. Для защиты от ЭМП используют различные фильтры:

- стеклянные фильтры полной защиты, обеспечивающие ослабление мощности электромагнитного излучения, например, фильтры Российского производства «СИНКО»;
- спектральные компьютерные очки;
- специальная налобная повязка для частичной экранизации негативного энергоинформационного взаимодействия компьютерного излучения в диапазоне частот 5Гц – 400кГц.

### **6.2.5 Ионизирующее излучение**

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкР/ч. В соответствии с нормами [25] конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более 100 мкР/ч.

### **6.2.6 Психофизиологические факторы**

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы по характеру действия подразделяются на физические перегрузки и нервно-психические перегрузки.

Физическая нагрузка может быть связана с перемещением материалов, полуфабрикатов, готовых изделий и т.п. на необходимые расстояния и обуславливать динамическую перегрузку.

Статическая нагрузка обусловлена необходимостью работающему прилагать усилия без перемещения всего тела или отдельных частей тела. Она определяется весом удерживаемого груза (величиной прилагаемого усилия) и временем удержания.

При выполнении трудовых функций не стоит находиться в вынужденной позе (наклонные положения тела, вынужденные наклоны, выполнение работы только стоя, на коленях, на корточках и т.п.). Трудовая деятельность, связанная с выраженной двигательной активностью, при величинах нагрузок, превышающих физиологически обоснованные оптимальные и допустимые значения, оказывает неблагоприятное воздействие на состояние здоровья работающего.

При проектировании рабочего места следует учитывать, что фиксированная рабочая поза физиологически не оправдана, так как она вызывает нарушение кровообращения в нижних конечностях и органах тазовой области, приводящие к профессиональным заболеваниям (варикозному расширению вен, геморрою и др.).

При проектировании рабочих мест необходимо стремиться к тому, чтобы рабочая поза была как можно ближе к естественной позе человека. Поэтому целесообразно предусматривать возможность работы как стоя, так и сидя. Особого внимания заслуживает проектирование кресел для лиц, постоянно выполняющих работу сидя за пультами управления. Конструкция кресла должна быть такой, чтобы как можно равномернее распределить давление тела на площадь опоры. Это возможно тогда, когда кресло в наибольшей степени соответствует анатомическому строению человека.

Отрицательно на состояние здоровья отражается гиподинамия – нарушение функций организма (опорно-двигательного аппарата, кровообращения, дыхания, пищеварения и др.) при ограниченной двигательной активности, снижении сил сопротивления мышц.

Профилактика гиподинамии предусматривает исключение статической работы, изменение рабочей позы в процессе работы, проведение производственной гимнастики с рациональным комплексом физических упражнений и т.п.

Напряженность внимания характеризуется длительностью сосредоточения наблюдения, числом объектов одновременного наблюдения, плотностью сигналов (световых, звуковых) и сообщений.

Степень напряженности анализаторских функций для зрительного анализатора зависит от размера объекта различения и расстояния объекта от глаз, различия в контрастности объекта различения и фона, для слухового анализатора – от соотношения между уровнями речи и шума.

Эмоциональные напряжения вызывают изменения функционального состояния центральной нервной системы.

Для профилактики вредного влияния сонливости следует учитывать, что трудовая деятельность связана не только с активностью мышечного аппарата и органов чувств (анализаторов), подчиняющихся сознательному управлению человеком, но и с сердечно-сосудистой, пищеварительной, выделительной, эндокринной и другими системами, которые не находятся под контролем человека и выдерживают суточный ритм активности.

Профилактика сонливости при работе в ночные смены сводится к следующим основным мероприятиям:

- необходимо, чтобы работающие ночью соблюдали суточную норму сна – восемь часов;
- начало смен необходимо устанавливать в 8, 16 и 24 часа при трехсменном режиме работы и в 8, 14, 20, 2 часа при четырехсменном режиме работы;
- переход из смены в смену производить через неделю или две недели, причем чередование смен должно быть таким: утренняя – вечерняя – ночная;
- работающие в ночные смены должны в свободное время не заниматься тяжелым физическим трудом или трудом, требующим напряжения центральной нервной системы. Свободное время должно быть временем активного отдыха.

### **6.2.7 Электробезопасность**

Безопасной для человека является величина переменного тока – 10мА, постоянного – 50мА, безопасное напряжение 12В.

При прохождении электрического тока через тело человека могут возникнуть повреждения организма. Действие тока на организм человека может быть местным и общим. Общее (рефлекторное) поражение – электрический удар, представляет для человека наибольшую опасность:

нарушается работа центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, что приводит к фибрилляции и параличу сердца, а также к остановке дыхания.

При проведении исследований использовалась аппаратура, питание которой осуществляется от сети с напряжением 220В. По наличию признаков электрических опасностей – помещение относится к категории помещений с пониженной опасностью. Во избежание травматизма соблюдались следующие правила:

- была изучена инструкция по эксплуатации аппаратуры;
- перед каждым включением производился осмотр рабочего места;
- обращалось особое внимание на последовательность включений и выключения питания отдельных узлов.

Для обеспечения безопасности перед началом работы необходимо убрать волосы, подготовить для работы необходимый инструмент и приспособления, приготовить рабочий стол. Также необходимо осмотреть прибор и проверить отсутствие внешних повреждений электрооборудования, наличие и исправность контрольных, измерительных и сигнальных приборов, компьютера, тумблеров, переключателей и т.п.

При обнаружении неисправностей, не допускается проводить ремонт самостоятельно, необходимо доложить ответственному лицу. Наладка прибора и его ремонт осуществляется только сервис-инженерами[26]. Запрещается приступать к работе, если выявлены неисправности любого используемого оборудования, если персонал не прошел в установленном порядке обучение и проверку знаний безопасности труда.

Безопасность работы с электрооборудованием возрастает, если помещение чистое, свободное от пыли, паров, кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающий коррозию. После окончания работы с установкой необходимо:

- выйти из программы, отключить питание компьютера;
- отключить установку от электросети;
- опустить рубильник электроснабжения.

Согласно правилам устройства электроустановок токоведущие части не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током в нормальном режиме работы электроустановки, а также при повреждении изоляции [27].

Существуют электротехнические средства для защиты людей, работающих с электрооборудованием, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги и электромагнитного поля. Они делятся на основные и дополнительные. К основным относятся средства защиты, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановки, и которые позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением. К дополнительным относятся средства защиты, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту. В работах с электрооборудованием следует при необходимости применять такие средства индивидуальной защиты, каски, противогазы, рукавицы и т.п.

Следует помнить, что характер и последствия поражения зависят от величины, частоты и пути прохождения тока, продолжительности воздействия. Своевременно оказанная помощь при поражении током позволяет сохранить жизнь пострадавшему. Поэтому помощь должна быть оказана немедленно. При оказании первой помощи пострадавшего необходимо отсоединить от токоведущей части, одновременно защищая себя от опасности контакта с тоководами.

При поражении работника электрическим током необходимо в первую очередь как можно скорее освободить пострадавшего от воздействия электрического тока: отключить рубильник, выключатель; вывернуть пробки; удалить предохранители и так далее.

Далее проверить состояние пострадавшего. Нельзя дотрагиваться до металлических предметов и до тела пострадавшего. Можно касаться только его одежды. Следует надеть диэлектрические перчатки или обмотать руку

сухой тряпкой, шарфом или краем рукава. Встать на сухие доски, бревна, свернутую сухую одежду, резиновый коврик или надеть диэлектрические галоши.

При легких поражениях пострадавшего следует вынести на свежий воздух. Если дыхание очень резкое и судорожное, необходимо сделать искусственное дыхание. При остановке дыхания и отсутствии пульса делают искусственное дыхание и непрямой массаж сердца. Вызвать при необходимости скорую помощь или, при необходимости, организовать доставку пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. О произошедшем несчастном случае поставить в известность руководителя структурного подразделения.

### **6.3 Экологическая безопасность**

При создании одной среднестатистической ПЭВМ общий вес различных химикатов и ископаемого топлива в 10 раз превышает вес окончательного продукта. Причем многие из этих химикатов токсичны, а применение ископаемого топлива усугубляет процесс глобального потепления. Эти отходы затем либо выбрасываются на огромные свалки, либо перерабатываются, зачастую в плохо подходящих условиях, что создает существенную угрозу экологии.

Для улучшения экологической обстановки в данной сфере, необходимо сократить количество используемых компонентов системы до минимально возможных количеств, а также для последующего усовершенствования системы заменять необходимые модули компонентов на более производительные, а не заменять компоненты целиком. При каких-либо замещениях компонентов системы необходимо позаботиться о их вторичном использовании либо утилизации.

В настоящее время большинство производителей электронных устройств уделяют внимание экологичности выпускаемой продукции:

- использование новых технологий, позволяющих снизить электромагнитное излучение
- снижение электропотребления до минимально возможного значения;
- уменьшение упаковочных комплектов и габаритов производимой продукции (потенциальное уменьшение бытовых отходов);
- использование экологически чистых компонентов в производстве и упаковке.

Утилизация ЭВМ – это обязательное условие, прописанное в законодательстве. Необходимость в профессиональной утилизации возникает в связи с тем, что внутри микросхем, плат, содержатся детали, с определенной долей драгоценных металлов.

Выбрасывая компьютеры в мусорные баки, люди вредят экологии и окружающей среде. Пластмасса, пластиковые элементы, лом черных и цветных металлов может отправляться на вторичную переработку, а драгоценные вещества на аффинажные предприятия. к тому же управляющие свалки не позволят утилизировать оборудование таким образом

Необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика.

Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

#### **6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного и иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и

нарушение условий жизнедеятельности людей. Другое понятие чрезвычайной ситуации дано в следующем разделе лекции.

Наиболее вероятной ЧС при работе на ПК является возникновение пожара на рабочем месте.

Причины возникновения пожара:

- При несоблюдении норм безопасности.
- Повреждение электрического оборудования или проводки.
- Проведение сварочных работ.
- Поджог.
- Захламленность рабочих мест.

Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности включают[28]:

- организацию пожарной охраны (в установленном порядке) соответствующего вида (профессиональной, добровольной и т.п.), численности и технической оснащенности;
- паспортизацию веществ, материалов, изделий, технологических процессов и объектов в части обеспечения пожарной безопасности;
- широкое привлечение общественности к вопросам обеспечения пожарной безопасности;
- организацию обучения рабочих, служащих, учащихся и населения правилам пожарной безопасности;
- разработку мероприятий по действиям администрации безопасной, инструкций о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и о действиях людей при возникновении пожара;
- разработку мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организации эвакуации людей;
- изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности. Перед началом работ были

проведены инструктаж по правилам пожарной безопасности и пользованию средств пожаротушения, а также ознакомление с планом эвакуации.

При работе соблюдались следующие технические мероприятия для обеспечения пожарной безопасности[29]:

- в электрооборудовании использовались только стандартные предохранители;
- соединительные шнуры выбраны с учетом соответствующих токов и напряжений, поставляются в комплекте с электрооборудованием;
- для устранения причин короткого замыкания регулярно проводились профилактические осмотры оборудования. Силовой щит закрыт огнеупорным кожухом для предотвращения выгорания окружающих предметов от возможных искр, возникающих при его коммутации;
- работа производилась в помещении, удовлетворяющем требованиям правил техники пожарной безопасности;
- не применялись нагревательные приборы с открытыми элементами;
- после окончания работы необходимая часть оборудования обесточивалась;
- проходы не загромождались и в помещении не курили.

Помещение обеспечено средствами пожарной сигнализации и пожаротушения, а именно – ручные порошковые огнетушители (ОП), ручные воздушно-пенные огнетушители (ОВП) и система пожарных трубопроводов[30].

При возникновении возгорания необходимо немедленно прекратить работу, отключить электрооборудование, позвонить в подразделение пожарной охраны по телефону 01 или 010, сообщить о случившемся

руководителю подразделения и приступить к тушению огня первичными средствами пожаротушения.

### **Вывод по разделу**

В данной главе были определены вредные и опасные факторы, формируемые при анализе данных измерений гамма-фона на ПЭВМ, среди которых можно выделить повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, повышенный уровень шума и воздействие электромагнитного излучения. Описаны методы снижения воздействия вредных и опасных факторов на исследователя, а также порядок действий при возникновении типичной для данного вида работ чрезвычайной ситуации. В разделе экологическая безопасность рассмотрены меры и способы минимизации загрязнения окружающей среды, за счет, например, внедрения новейших технологий.

## Заключение

Проведены исследования пространственной и временной динамики изменения СВЭ с конца 2018г по июнь 2020 г. Анализ результатов показал следующее:

- Мощность дозы естественного гамма-излучения экспоненциально уменьшается с увеличением СВЭ.

- Временная динамика СВЭ на экспериментальной площадке ИМКЭС СО РАН подтверждает зависимости, полученные на сельскохозяйственных полях.

- Полученные экспериментальные значения СВЭ хорошо коррелируют со значениями архива погоды рп5.ru.

- Значимым фактором в снижении  $\gamma$ -фона являются снежные осадки, которые существенно влияют на форму годового хода и многолетний тренд.

- Всплески мощности дозы  $\gamma$ -фона обусловлены выпадением осадков в виде снега.

- Результаты измерений с помощью ДРБП-03 имеют большую погрешность.

- Результаты измерений с помощью БДКГ-03 коррелируют с данными экспериментальной площадки ИМКЭС и эталонным пунктом.

- Разработан эталонный пункт для длительного мониторинга радиационной обстановки и подтверждения метода. Это позволило произвести проверку влияния городской среды на результат измерения СВЭ по гама-фону. В условиях городской среды значение мощности гамма-излучения выше на 11,7%, чем на разработанном эталонном пункте.

- В зимний период доза облучения населения, находящегося на открытом воздухе в условиях Западной Сибири, снижается при толщине снежного покрова 15 см на 19%, 45 см на 25%, 80 см на 35%, что является актуальным с точки зрения радиобиологии.

## Список публикаций

1. Лозовский, М. А. Оценка водного эквивалента снежного покрова по гамма-фону приземной атмосферы [Электронный ресурс] / М. А. Лозовский, В.С. Яковлева // XXVI Конференция Аэрозоли Сибири: сборник тезисов докладов, 17-19 ноября 2019 г., г. Томск / ИМКЭС СО РАН [и др.]. — Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2019. — [1 с.]. — Заглавие с экрана. — Свободный доступ из сети Интернет.

Режим доступа: [https://symp.iao.ru/files/symp/sa/26/AEROSOL\\_2019](https://symp.iao.ru/files/symp/sa/26/AEROSOL_2019)

## Список литературы

1. 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.
2. 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%2F%2FER4.pdf&name=ER4.pdf&lang=ru&c=56c1e011c6f0&page=8>, свободный.
3. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fwww.iupr.ru%2Fdomains\\_data%2Ffiles%2Fzurnal\\_15%2FUglanova%2520V.Z.\(sovremennye%2520nauki%2520i%2520obrazovanie\).pdf&name=Uglanova%2520V.Z.\(sovremennye%20nauki%20i%20obrazovanie\).pdf&lang=ru&c=56c1e116360e&page=4](https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fwww.iupr.ru%2Fdomains_data%2Ffiles%2Fzurnal_15%2FUglanova%2520V.Z.(sovremennye%2520nauki%2520i%2520obrazovanie).pdf&name=Uglanova%2520V.Z.(sovremennye%20nauki%20i%20obrazovanie).pdf&lang=ru&c=56c1e116360e&page=4), свободный.
4. Cho, E., Jacobs, J. M., & Vuyovich, C. M.(2020). The value of long term (40 years) airborne gamma radiation SWE record for evaluating three observation based gridded SWE data sets by seasonal snow and land cover classifications. *Water Resources Research*, 56, e2019WR025813, doi: 10.1029/2019WR025813.
5. Dahl, J. B., & Odegaard, H. (1970). Areal measurements of water equivalent of snow deposits by means of natural radioactivity in the ground. *Isotope Hydrology*, 191-210.
6. 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.
7. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ccin.ca/ccw/snow/past/swe>, свободный.
  8. 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.
  9. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/309542518\\_Investigation\\_of\\_Snow\\_Cover\\_Effects\\_and\\_Attenuation\\_Correction\\_of\\_Gamma\\_Ray\\_in\\_Aerial\\_Radiation\\_Monitoring](https://www.researchgate.net/publication/309542518_Investigation_of_Snow_Cover_Effects_and_Attenuation_Correction_of_Gamma_Ray_in_Aerial_Radiation_Monitoring), свободный.
  10. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://academic.oup.com/rpd/article-abstract/184/3-4/510/5481919?redirectedFrom=fulltext>, свободный.
  11. В.С. Яковлева, В.Д. Каратаев, В.В. Зукау. Моделирование атмосферных полей  $\gamma$ - и  $\beta$ -излучений, формирующихся почвенными радионуклидами // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2011. № 1 (2). С. 65–74
  12. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/null/?cid=nrcseprd1314833>, свободный.
  13. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.radek.ru/product/Intellektualnye-bloki-detektirovaniya/31/>, свободный.
  14. Беспалов В.И. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 369 с

15. 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
16. Loijens H.S. Measurements of snow water equivalent and soil moisture by natural gamma radiation. // Proc. Can. Hydrol. Symp., 1975, Aug. 11-14, Winnipeg. P. 43–50
17. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.eldoradoweather.com/current/misc/snow-to-water.html>, свободный.
18. Каратаев В.Д., Яковлева В.С., Эргашев Д.Э. Исследование радиоактивности объектов окружающей среды на территории Томской области // Изв. вузов. Физика. – 2000. – Т. 43. – № 4.– С. 105-109.
19. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://d33.infospace.ru/d33\\_conf/sb2014t3/301-309.pdf](http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2014t3/301-309.pdf), свободный.
20. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
21. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.
22. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
23. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с. 78
24. Кукин П.П. Безопасность технологических процессов и производств: учеб. Пособие / П.П. Кукин, В.Л. Лапин – М., Высшая школа, 1999 – С.318.

25. Об основах охраны труда в Российской Федерации: Федеральный закон от 17 июля 1999 № 181 – ФЗ // Российская газ. – 1999 – 24.07. – С.4.
26. 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 – С.3.
27. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность [Текст]. – Введ. 1983-01-07. – М.: Издательство стандартов, 1988 – С.2.
28. 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 – С.6.
29. ГОСТ 12.0.003–74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
30. ГОСТ 12.0.002–80. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.
31. «Общие положения обеспечения безопасности радиационных источников» (НП–038–11), утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 05.03.2011 г. № 104.

## Приложение А

### Раздел 1

### Literature review on snow water equivalent

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM84	Лозовский М.А.		

Консультант школы отделения ОЯТЦ ИЯТШ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Веригин Д.А.	к.ф.-м.н.		

Консультант – лингвист отделения ИЯ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Смирнова У.А.			

## **Literature review on snow water equivalent**

### **SWE**

Snow cover significantly affects climate, topography, hydrological and soil-forming processes, and the life of plants and animals. Floods caused by melting snow largely determine the economic activity of many regions. That is why the task of assessing the stock of water accumulated in the snow cover is so important.

At present, to measure the characteristics of the snow cover, snow surveys are used, which are rather laborious and discrete, which makes it difficult to quickly evaluate snow reserves, especially during the development of catastrophic floods. Since the snow cover attenuates the background gamma radiation from the underlying earth's surface, a method for determining the most important characteristic of the snow cover, SWE, which strongly correlates with the background gamma radiation, which was developed for a quick assessment of the state of snow reserves.

The Snow Water Equivalent (SWE) is the measuring standard of snow cover. SWE is the amount of water that is contained in the snow cover. This value should be considered as the amount of water that theoretically can occur if the entire snow cover is melted instantly.

SWE is primarily used to determine snow depths. You need to know the density of snow to determine the depth of snow according to the SWE. The density of fresh snow ranges from about 5% when the air temperature is  $-10^{\circ}\text{C}$ , to about 20% when the temperature is  $0^{\circ}\text{C}$ . The snow density increases after the snowfall due to gravitational precipitation, compaction of the wind, melting and recrystallization.

## **Methods of measuring the height of the snow cover, precipitation, SWE**

Snow cover observations consist of daily observations of changes (dynamics) in snow cover and periodic snow surveys to determine snow accumulation and water supply on elements of the natural landscape (field, forest, beams, ravines).

In daily observations of snow cover, the following characteristics are determined:

- the degree of coverage of the vicinity of the station with snow;
- the nature of the occurrence of snow on the ground;
- snow structure;
- snow depth at a meteorological site or at a selected site near the station.

During snow surveys on each selected route, the following characteristics are determined:

- snow depth (average of the set number of measurements);
- snow density (the average of the set number of measurements);
- the structure of the snow cover (the presence of layers of ice, water and snow saturated with water);
- the nature of the occurrence of snow on the route;
- degree of snow coverage of the route;
- soil surface condition under snow (frozen, thawed).

The degree of snow coverage of the vicinity of the station, the nature of the snow cover and the snow structure are assessed by the observer during a visual inspection of the station's surroundings in accordance with accepted scales.

The height of the snow cover is determined on the basis of measurements of the distance from the surface of the earth to the surface of the snow cover (the interface between the snow cover and the atmosphere). Snow density is calculated as the ratio of the mass of the vertical column of snow to the volume of this column. The density of snow does not include the density of snow saturated with water, the

density of water under the snow, and the density of the ice crust located on the surface of the soil. The water supply in the snow cover is calculated from the measured values of the snow cover height, snow density values and the accepted average values of the density of snow saturated with water, melt water and ice crust.

Measuring instruments:

- snow gauge rail;
- weight snow meter;
- a ruler with the price of the smallest division of 1 mm.

### **Methods for determining the SWE**

There is a known method for determining the SWE in the snow cover by direct measurement of the water equivalent of snow cover. The method consists in measuring the mass of snow samples extracted from the snow cover using a weight snow meter sampler. The sampler of a weight snow meter is a hollow cylinder. For the measurement, the cylinder is vertically immersed in snow until it contacts the soil. The cylinder containing snow is removed and weighed on special scales included in the snowmeter set. Snow density is calculated from the weight and volume of the sample obtained. With a weight snow meter, you can immediately determine the moisture content in the snow cover in meters, and also calculate how much water in tons or cubic meters 1 ha will receive from snow melting.

However, the method is not really simple. The inner surface of the sampler is difficult to clear of snow, moisture, soil, plant debris, which reduces the reliability of the measurement results. During mechanical measurements, individual parts of the device are often lost.

The second known radiometric method for determining the SWE in the snow cover is a method based on passive microwave sounding, which consists in determining the height of the snow cover and snow reserve from the measured data from artificial Earth satellites in the microwave region of the spectrum (with wavelength  $\lambda = 0.1 \div 30$  cm) through a passive radiometric system.

The method allows mapping the areas of snow, identifying the state of the snow cover and, thus, highlight the boundaries of the areas of simultaneous snowmelt. The physical basis for the recognition of snow and ice covers a wide range of changes in their emission coefficients in the centimeter and millimeter ranges, with additional influence being exerted by additional scattering, which creates snow cover on the soil surface. The possibility of measuring snow cover characteristics in the microwave range is due to the large difference in the dielectric constant of dry and wet snow. SWE in the snow cover is determined from the snow stock within the assessment of the height of the snow.

Usage of the method requires the organization of additional trace measurements of the thickness of the snow cover or measurements at representative reference points, which complicates the process of assessing moisture content.

The third known method for determining the SWE in the snow cover is based on the dependence of gamma radiation in the atmosphere on the SWE in the snow cover. The method consists in measuring the number of gamma-ray photons during airplane flights at an altitude of 20-100 meters along a network of routes. The change in the SWE in the snow cover during the time between two flights is determined from the expression:

$$\Delta P = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{I_1}{I_2}, \quad (\text{A1})$$

where  $\Delta P$  – the change SWE in the snow cover between two flights;

$I_1$  and  $I_2$  - the number of gamma-ray photons with energy in the range from  $E_1$  to  $E_2$  in the first and second flights, respectively;

$\alpha$  – is a coefficient characterizing the spectral characteristics of radiation.

The complexity of this method lies in the need of aviation usage.

## **Instruments for conducting gamma-ray measurements and subsequent determination of SWE**

There are several types of dosimeters and dosimeters-radiometers to carry out a number of measurements of the dose rate of gamma radiation. One of the most convenient in operation is the dosimeter-radiometer DRBP-03.

The DRBP-03 dosimeter-radiometer is intended for measuring the power of the ambient dose equivalent and the dose equivalent of the dose of ionizing photon (x-ray and  $\gamma$ ) radiation, the flux density of  $\alpha$ -,  $\beta$ -particles.

Dosimeters-radiometers are used for operational dosimetric monitoring of the radiation situation, in the preparation of radiation maps of the area and the study of radiation anomalies, to detect contamination of clothing, walls, floors, etc.

According to their stability and durability to climatic and mechanical influences during operation, dosimeters-radiometers belong to performance group V3 GOST 12997-84: Type of climatic performance C3 GOST 12997-84.

Operating conditions for dosimeters-radiometers:

- ambient temperature from -20 to + 50 ° C;
- relative air humidity up to 95% at 35 ° C;
- atmospheric pressure 84-106.7 kPa;
- use in rooms with poor lighting and in the dark is allowed.

The dosimeter-radiometer consists of a measuring unit and replaceable detection units BDBA-02, BDG-01. Depending on the used detection unit (hereinafter referred to as the “unit”), the dosimeter-radiometer measures the ionizing radiation, the type, energy range and the measured value of which is shown in Table A.1.

Table A.1 – Characteristics of the DRBP-03 dosimeter-radiometer.

№	Type of ionizing radiation, measured value	Energy range of the measured radiation or nuclide	Block type
1.	Alpha radiation		
1.1.	Alpha particle flux density	Pu <sup>239</sup>	BDBA-02
2.	Beta radiation		
2.1.	Beta particle flux density	0.15 to 3.5 MeV	BDBA-02
3.	X-ray and gamma radiation		
3.1.	Exposure Rate	0.05 to 3.0 MeV	Remote controller, BDG-01
3.2.	Exposure dose	0.05 to 3.0 MeV	Remote controller



Figure A.1 – Dosimeter-radiometer DRBP-03.

The second, but more complex device for taking measurements is the BDKG-03 detection unit in conjunction with a PC with preinstalled software.

BDKG-03 is a highly sensitive intelligent gamma-ray scintillation detection unit, designed to search, quickly detect and localize gamma-ray sources with

sensitivity of  $^{137}\text{Cs}$  350 (imp / s) / ( $\mu\text{Sv} / \text{h}$ ), as well as to measure ambient equivalent dose rate and doses of gamma radiation in the energy range of 50 keV - 3 MeV.

Areas of use:

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

Advantages of BDKG-03:

- High sensitivity;
- Search for gamma radiation sources;
- Quick adaptation to changes in radiation background;
- It is an intelligent detection unit;
- System of built-in LED stabilization;
- Ability to work in a wide range of temperatures in the field;
- Storage in non-volatile memory of the device and transfer to PC up to 500 measured spectra;
- All the possibilities for radiation monitoring of scrap metal in accordance with MUK 2.6.1.1087-02;
- Possibility of placement in an airtight container for immersion on a cable in a liquid medium to measure the ambient equivalent dose rate in reservoirs and wells. The main technical characteristics of BDKG-03 are presented in table A.2.

Table A.2 – Technical characteristics of BDKG-03.

Detector	NaI(Tl), $\varnothing 25 \times 40$ mm
Range of measurement of ambient equivalent dose rate of gamma radiation, $\mu\text{Sv} / \text{h}$	0.03 - 300
Range of measurement of ambient equivalent dose of gamma radiation	0.03 $\mu\text{Sv}$ - 10 mSv
Energy range	50 keV - 3 MeV
The main measurement error, %	no more than $\pm 20$
Operating temperature range, $^{\circ}\text{C}$	-30.....+50



Figure A.2 – Block detection BDKG-03

### **Conclusion for the chapter**

SWE as the concept, which characterizes the snow cover, was considered in this chapter. The main methods for measuring the height of the snow cover, precipitation, and the SWE itself considered too.

The most suitable devices for measuring gamma background power were also determined, the data of which are necessary for determining the SWE.

**Приложение Б**  
(обязательное)

ФЮРА 14.04.02.006 СБ

Леро. примен.

Спроб. №

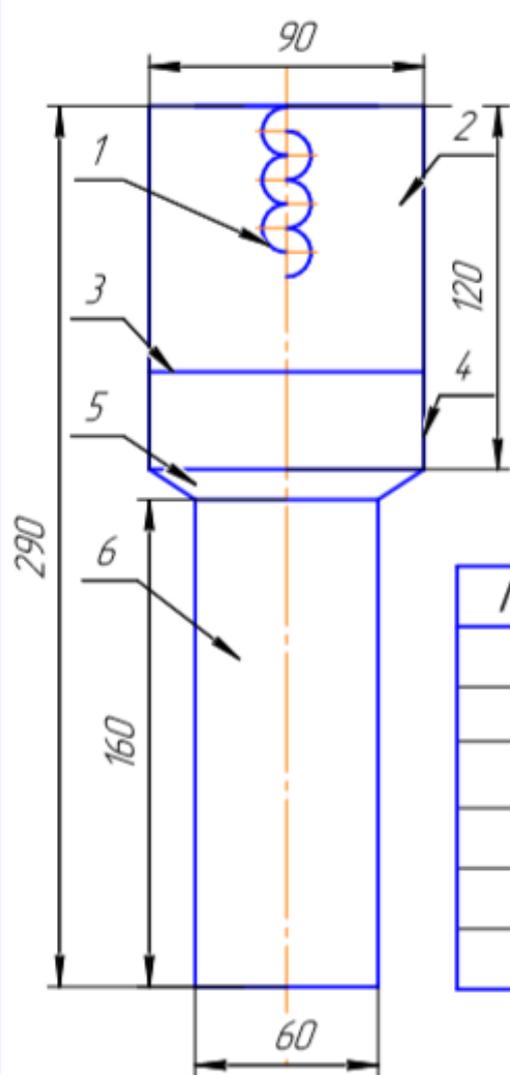
Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Поз.	Наименование
1	Система динодов
2	Фотоумножитель
3	Фотокатод
4	Световод
5	Свет
6	Сцинтиллятор

ФЮРА 14.04.02.006 СБ

Сцинтилляционный  
детектор БДКГ

Лит.	Масса	Масштаб
У		1:2
Лист		Листов 1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ТПУ ИЯТШ  
Группа ОАМ84

Копировал

Формат А4