

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 14.04.02 Ядерная физика и технологии
ООП/ОПОП Ядерная и радиационная безопасность
Отделение школы (НОЦ) ОЯТЦ ИЯТШ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Исследование характеристик снега по бета-фону приземной атмосферы

УДК 551.578.46:551.510.41

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM13	Чуприна Александр Борисович		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2023 г.

Планируемые результаты освоения ООП/ОПОП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий
ПК(У)-2	Готовность применять методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
ПК(У)-3	Готовность разрабатывать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований

ПК(У)-4	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения
ПК(У)-5	Способность к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов РФ в области ядерной и радиационной безопасности, атомной энергии
ПК(У)-6	Способность объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение
ПК(У)-7	Способность формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании
ПК(У)-8	Готовность применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, учета неопределенностей при проектировании
ПК(У)-9	Способность решать задачи в области развития науки, техники и технологии с учетом нормативного правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности
ПК(У)-10	Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования и дополнительного профессионального образования (ДПО)
ПК(У)-11	Способность к проектированию и экономическому обоснованию инновационного проекта, содержания, структуры и порядка его разработки

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

Школа _____ Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки _____ 14.04.02 Ядерные физика и технологии
 ООП/ОПОП _____ Ядерная и радиационная безопасность
 Отделение школы (НОЦ) _____ ОЯТЦ ИЯТШ

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП/ОПОП
 _____ Семенов А.О.
 (Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
0AM13	Чуприна Александр Борисович

Тема работы:

Исследование характеристик снега по бета-фону приземной атмосферы	
Утверждена приказом директора	№ 33-46/с от 02.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	22.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данные мониторинга радиационных и метеорологических параметров 2011-2017 годов, полученные ИМКЭС (Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук), данные по колебаниям толщины снежного покрова в течение этого же времени
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке	1 Обзор литературы 2 Приборы и методы измерения 3 Результаты и обсуждение 3.1 Данные длительного мониторинга радиационного фона 3.2 Математическое моделирование переноса радона в двухслойной системе «грунт - снежный покров» 3.3 Расчет водного эквивалента снежного

	покрова по бета-фону приземной атмосферы 3.4 Методика определения плотности снега 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5 Социальная ответственность Заключение
Перечень графического материала	Приложение А. Система радиационного контроля; презентация для защиты ВКР
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицына Л.Ю., доцент ОСГН ШБИП ТПУ, к. э. н.
Социальная ответственность	Передерин Ю.В., доцент ОЯТЦ ИЯТШ ТПУ, к. т. н.
Раздел, написанный на иностранном языке	Квашнина О.С., старший преподаватель ОИЯ ШБИП ТПУ
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Введение 1 Обзор литературы 2 Приборы и методы измерения	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	13.03.2023
---	------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM13	Чуприна Александр Борисович		13.03.2023

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

Школа _____ Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки _____ 14.04.02 Ядерные физика и технологии
 ООП/ОПОП _____ Ядерная и радиационная безопасность
 Отделение школы (НОЦ) _____ ОЯТЦ ИЯТШ
 Период выполнения _____ (осенний/весенний семестр 2022/2023 учебного года)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
0АМ13	Чуприна Александр Борисович

Тема работы:

Исследование характеристик снега по бета-фону приземной атмосферы

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	22.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.04.2023	1 Обзор литературы	15
25.04.2023	2 Приборы и методы измерения	15
27.05.2023	3 Результаты и обсуждение	30
04.06.2023	4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
04.06.2023	5 Социальная ответственность	15
04.06.2023	Заключение	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ООП/ОПОП

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

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ13	Чуприна Александр Борисович		13.03.2023

Обозначения и сокращения

W – водный эквивалент снежного покрова;

SWE – влагозапас, или водный эквивалент снега;

АС и ЧС – аварийная ситуация и чрезвычайная ситуация;

ВКР – выпускная квалификационная работа;

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

НИР – научно-исследовательская работа;

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 107 с., 16 рис., 23 табл., 30 источников, 2 прил.

Ключевые слова: водный эквивалент снежного покрова, водный эквивалент снега, влагозапас, бета-фон приземной атмосферы, плотность потока бета-излучения, методика определения плотности снега.

Объектом исследования является снежный покров, его характеристики и высота, плотность потока бета-излучения в приземной атмосфере

Цель работы – исследование характеристик снежного покрова по результатам измерения бета-излучения в приземной атмосфере.

В ходе работы проводились исследования зависимости характеристик снежного покрова от плотности потока бета-излучения в приземной атмосфере.

В результате исследования предложена методика определения плотности снега по известному водному эквиваленту и высоте слоя снега.

Определение водного эквивалента снежного покрова актуально для сельского хозяйства в условиях весенних паводков, для предотвращения и ликвидации последствий, вызванных обильными паводками.

Отличительной особенностью рассматриваемого метода определения водного эквивалента по измеренным значениям потока бета-излучения является то, что достаточно провести только два измерения – до начала формирования снежного покрова и накануне начала снеготаяния.

Предложенная методика определения плотности снега подходит как для единичных измерений, так и для длительного мониторинга.

Результаты исследования важны для сельского хозяйства, применимы для гидрометеорологических организаций, оперативных служб ГО и ЧС.

Проведенное исследование является эффективным с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Содержание

Введение.....	13
1 Обзор литературы	15
1.1 Водный эквивалент снежного покрова.....	15
1.2 Методы измерения характеристик снежного покрова, водного эквивалента снега.....	16
1.2.1 Метод определения водного эквивалента снежного покрова с помощью пробоотборника.....	17
1.2.2 Радиометрический способ определения влагозапаса.....	18
1.2.3 Радиационный метод измерения влагозапаса.....	18
1.2.4 Метод оценки водного эквивалента снежного покрова по результатам мониторинга бета-фона	19
1.3 Заключение по главе	21
2 Приборы и методы измерения	22
2.1 Приборы для измерения плотности потока бета-излучения	22
2.2 Заключение по главе	25
3 Результаты и обсуждение.....	26
3.1 Данные длительного мониторинга радиационного фона	26
3.2 Математическое моделирование переноса радона в двухслойной системе «грунт - снежный покров» в программе Wolfram Mathematica.....	31
3.3 Расчет водного эквивалента снежного покрова по бета-фону приземной атмосферы.....	36
3.4 Методика определения плотности снега	37
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	40

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	41
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	41
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	42
4.1.3 SWOT-анализ	45
4.2 Инициация проекта	47
4.2.1 Цели и результат проекта.....	47
4.2.2 Организационная структура проекта.....	49
4.3 Планирование научно-исследовательской работы.....	49
4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	49
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения НИР	51
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	53
4.3.4 Разработка графика проведения научного исследования.....	54
4.3.5 Бюджет научного исследования.....	57
4.3.5.1 Расчет материальных затрат	57
4.3.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование	57
4.3.5.3 Основная заработная плата.....	58
4.3.5.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	60
4.3.5.5 Отчисления на социальные нужды.....	61
4.3.5.6 Накладные расходы	61
4.4 Определение эффективности проекта	62
4.5 Вывод по разделу	65

5 Социальная ответственность	68
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	69
5.2 Эргономические требования к рабочему месту.....	71
5.3 Производственная безопасность	73
5.3.1 Микроклимат.....	74
5.3.2 Уровень шума.....	76
5.3.3 Освещение	77
5.3.4 Электромагнитное и ионизирующее излучения.....	80
5.3.5 Психофизические факторы	81
5.3.6 Электробезопасность.....	82
5.4 Пожарная и взрывобезопасность.....	84
5.5 Аварийные и чрезвычайные ситуации (АС и ЧС).....	85
5.6 Выводы по разделу	88
Заключение	89
Список публикаций.....	90
Список использованных источников	91
Приложение А. Система радиационного контроля	
Приложение Б. Раздел, выполненный на английском языке	

Введение

Необходимость контроля радиационного фона, в том числе бета-фона, возникла по причине повсеместного появления полигонов для испытания ядерного оружия, а также в связи с развитием атомной энергетики. Контроль радиационного фона актуален и в наши дни, так как геополитические проблемы в мире порождают некоторые опасения по поводу применения радиоактивных изотопов в террористических целях. Ну и активное развитие атомной энергетики требует организации полного и своевременного мониторинга окружающей среды. Данные, связанные с измерением радиационного фона, как правило, находятся в широком доступе.

Исследования ученых выявили, что гамма- и бета-фон значительно снижается с наступлением зимнего периода, кроме того, проведенные в большом количестве исследования в целом показали, что снижение это имеет слабую корреляцию с такими метеорологическими параметрами, как температура и давление. При этом была обнаружена однозначная взаимосвязь между значениями радиационного бета-фона в приземной атмосфере с высотой снежного покрова, а также количеством выпавших осадков, которое обозначается, как водный эквивалент снежного покрова (W).

Водный эквивалент снежного покрова – важная характеристикой для сельского хозяйства, определение его является актуальной региональной задачей из-за проблем, возникающих во время весеннего паводка.

В связи со всем вышесказанным, целью настоящей магистерской диссертации является исследование характеристик снежного покрова по результатам измерения бета-излучения в приземной атмосфере.

Цель работы требует решения следующих задач:

1. Произвести анализ литературы по теме исследования.
2. Провести экспериментальные исследования изменения плотности потока бета-излучения на экспериментальной площадке.

3. Рассчитать водный эквивалент снежного покрова по результатам исследования.

4. Произвести сопоставление расчетных данных с данными метеорологических наблюдений.

5. Сделать выводы.

1 Обзор литературы

1.1 Водный эквивалент снежного покрова

Величина снежного покрова, а именно наличие его в принципе, сколько выпадает снега, начало формирования снежного покрова и начало снеготаяния, влияет на климат, гидрологические, почвообразовательные процессы, в том числе и на рост растений и жизнь животных, а экономическая активность многих регионов РФ и мира в целом во многом зависит от наводнений, вызванных таянием снега. Поэтому задача оценки запасов накопленной в снежном покрове воды очень важна.

В настоящее время для определения характеристик снежного покрова используются различные достаточно трудоемкие методы, а применение таких методов затрудняет именно оперативную оценку запасов снега, особенно это ощутимо в условиях развития катастрофических паводков в регионах с обильным снежным покровом. Снежный покров ослабляет, экранирует фоновое бета-излучение от подстилающей поверхности земли. При этом чем больше снежный покров, чем плотнее слой снега, формирующий его, тем в большей степени гамма-фон приземной атмосферы снижается. На основе этого был разработан в полной мере коррелирующий с фоновым бета-излучением метод определения водного эквивалента снежного покрова [1].

Влагозапас, или водный эквивалент снега (SWE), характеризует то количество воды, которое содержится в рассматриваемом слое снега. Следует пояснить, что под его значением мы понимаем теоретическое количество воды, образующееся при полном мгновенном таянии рассматриваемого слоя снега (всего рассматриваемого снежного покрова).

Для определения водного эквивалента снега необходимо знать высоту снежного покрова, измеряется она линейкой, и плотность снега. Разбег в значениях плотности свежевypавшего снега достаточно большой, так как плотность его зависит от температуры воздуха (например, примерно 30 кг/м^3

при $-22,0^{\circ}\text{C}$, 260 кг/м^3 при $+4,8^{\circ}\text{C}$). Плотность снега, кроме того, увеличивается после обильного снегопада, гравитационные осадки могут повлиять на ее увеличение, также под влиянием ветра, таяния и перекристаллизацией может произойти значительное уплотнение снега, что приведет, соответственно, к увеличению плотности его [1].

1.2 Методы измерения характеристик снежного покрова, водного эквивалента снега

В рамках исследования снежного покрова, включающие в себя отслеживание таких характеристик, как степень покрытия снегом, характер появления снега, структура снега, высота слоя снега на рассматриваемом участке, необходимо ежедневно наблюдать за изменениями снежного покрова и проводить периодические снежные съемки. Полноценно и достоверно выполненные процедуры позволяют определить снегонакопление и водоснабжение на различных участках природного ландшафта (поле, лес, овраги и др.).

При проведении снежных съемок, в целом, производят те же самые исследования, только уже с привязкой к определенному маршруту.

Обязательно нужно отслеживать и состояние почвы под снегом, то есть мерзлая ли земля или талая, структуру снега, так как наличие льда в виде корки, снега, насыщенного водой, нужно исключить для правильного определения плотности снега.

Все без исключения этапы снежной съемки важны.

Степень величины снежного покрова, характер появления снежного покрова, структура снежного покрова, а также состояние поверхности почвы оцениваются исследователем, занимающимся снежной съемкой, визуально при осмотре элементов ландшафта, площадки, выбранных для проведения исследования [1].

Основные средства измерения для проведения исследований – это весовой снегомер, снегомерная рейка и линейка с ценой деления 1 мм.

Запас воды в слое снега рассчитывается по измеренным значениям высоты снежного покрова, плотности снега и по принятым средним значениям плотности снега, насыщенного водой, и талой воды и ледяной корки, присутствующим в рассматриваемом слое снега на исследуемом элементе ландшафта или площадке, на определенном маршруте.

Далее рассмотрим кратко основные методы определения водного эквивалента снега с указанием некоторых слабых и сильных сторон каждого из них.

1.2.1 Метод определения водного эквивалента снежного покрова с помощью пробоотборника

Данный способ определения водного эквивалента снежного покрова реализуется с помощью использования весового снегомера, в комплект которого входят специальные весы, на которых взвешивается извлеченная из слоя снега проба, а также, непосредственно, пробоотборник, который имеет вид полого цилиндра, с помощью которого из слоя снега путем вертикального погружения его в снег до контакта с почвой. Далее по весу пробы снега с большой долей вероятности можно определить плотность снега на рассматриваемом участке, влагозапас и рассчитать, сколько воды попадет в почву при таянии снега. [2]

Способ прост, но трудоемок ввиду сложности полного освобождения пробоотборника от загрязнений, что снижает достоверность измерений и повышает погрешность, кроме того, отдельные части прибора могут быть утеряны и повреждены. Как и при любом инструментальном методе, имеет место быть зависимость адекватности результатов измерения от добросовестности и компетенции исследователя.

1.2.2 Радиометрический способ определения влагозапаса

Данный способ определения влагозапаса в снеге [3] основывается на пассивном СВЧ зондировании, заключается он в том, что высота снежного покрова и снегозапаса (а далее и влагозапаса) определяется посредством данных спутников Земли. Измерения производят в микроволновой области спектра ($\lambda = 0,1 \div 30$ см) с помощью пассивной радиометрической системы.

Способ удобен для картирования участков скопления снега, выявления состояния снега, основанного на распознавании коэффициентов излучения льда и снега, можно также определить границы одновременного снеготаяния нескольких участков.

Измерение характеристик снега возможно по причине разности диэлектрической постоянной для влажного и сухого снега, влагозапас определяют из снегозапаса, используя проведенную оценку высоты снега по участку поверхности.

Оценка влагозапаса с помощью указанного способа усложняется тем, что для проведения достоверного исследования и получения адекватных результатов необходимо организовать серию дополнительных трассовых замеров толщины слоя снега по исследуемым областям снегонакопления или проводить измерения в некоторых репрезентативных точках.

1.2.3 Радиационный метод измерения влагозапаса

Способ основывается на измерении числа фотонов гамма-излучения, осуществляется такой способ при использовании самолета, полет которого проходит по установленной маршрутной сетке на высоте 20-100 м.

По изменению числа зарегистрированных во время двух последовательных полетов фотонов можно, соответственно, определить изменение влагозапаса:

$$\Delta P = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{I_1}{I_2} \quad (1.1)$$

где ΔP – изменение влагозапаса в снежном покрове между двумя полетами;

I_1 и I_2 - число фотонов гамма-излучения в двух последовательных полетах;

α – коэффициент спектральной характеристики излучения.

Главный момент, усложняющий данный метод определения влагозапаса, - это то, что для исследования требуется привлечение авиации.

1.2.4 Метод оценки водного эквивалента снежного покрова по результатам мониторинга бета-фона

Данный способ, как и предыдущий, основывается на измерении ионизирующего излучения над снежным покровом. Достаточно произвести два измерения плотности потока бета-излучения, один замер в отсутствие снега, второй – перед началом таяния снега, на одной и той же высоте, в светлое время дня, а измерения при наличии снега только после 3,5 часов по окончании выпадения его.

Для расчета влагозапаса используется формула:

$$W = \frac{\ln(P_{\beta 2}^z(W=0)/P_{\beta 1}^z)}{\rho_B \cdot \mu_m}, \quad (1.2)$$

где W – искомый влагозапас в снежном покрове, м;

$P_{\beta 1}^z$ - величина плотности потока бета-излучения при наличии рассматриваемого снежного покрова, измеренная на высоте z от поверхности земли, $1/(m^2 \cdot c)$;

$P_{\beta 2}^z(W=0)$ - плотность потока вторичного бета-излучения, создаваемого содержащимися в грунте радионуклидами, на высоте z от поверхности земли при отсутствии снежного покрова, $1/(m^2 \cdot c)$;

ρ_B - плотность воды, кг/м³;

μ_m - массовый коэффициент ослабления излучения, м²/кг.

Если рассматривать периоды года, когда снежный покров отсутствует, то суммарную плотность потока бета-излучения в приземной атмосфере можно представить суммой: бета-излучения содержащихся в грунте радионуклидов; вторичного бета-излучения при взаимодействии гамма-излучения радионуклидов почвы с атмосферой [6]; вторичного бета-излучения взаимодействия космических лучей с атмосферой; бета-излучения короткоживущих ДПР радона и его изотопов в атмосфере [8].

В зимний период достаточно снежного покрова толщиной более 0,1 м для полного поглощения бета-излучения от содержащихся в грунте радионуклидов [13], следовательно, первую составляющую в зимних условиях при наличии снега не нужно учитывать. Можно пренебречь также третьей составляющей, указанной выше, так как вклад в суммарный бета-фон приземной атмосферы космической радиации на небольших высотах от земли – всего порядка 1% [6].

Ниже поясним причины того, что измерения бета-фона производятся именно в дневное время суток. Коэффициент турбулентности, являющийся параметром, характеризующим степень перемешивания воздуха в приземной атмосфере, имеет максимальные значения именно в дневное время, воздух в атмосфере наиболее активно перемешивается, в этих условиях вклад бета-излучения находящихся в околосредней атмосфере короткоживущих ДПР радона в суммарный бета-фон минимально, поэтому вкладом четвертой составляющей суммарной плотности потока бета-излучения в дневное время суток можно пренебречь. [8] Кроме того, зимой плотность потока радона из толщи земли в воздух снижается в 2-3 раза [14].

Указанный способ определения влагозапаса является простым ввиду того, что для получения адекватного значения его достаточно выполнить два

замера плотности потока бета-излучения, а именно плотность потока бета-излучения в отсутствии снежного слоя и плотность потока бета-излучения перед началом снеготаяния.

Способ пригоден как для прогнозирования влагозапаса в снежном покрове при длительном мониторинге, так и для разовых измерений.

1.3 Заключение по главе

В главе рассмотрены основные характеристики снежного покрова, приведены методы оценки водного эквивалента снежного покрова с кратким описанием принципов выполняемых исследований. Можно сделать вывод о том, что способ определения водного эквивалента снежного покрова по величине бета-фона наиболее удобен в исполнении.

2 Приборы и методы измерения

2.1 Приборы для измерения плотности потока бета-излучения

Дозиметр-радиометр ДРБП-03, один из наиболее удобных и простых в эксплуатации приборов из линейки дозиметров и дозиметров-радиометров различных типов, используемых для проведения измерений мощности дозы бета-излучения, обладающий обширным функционалом, предназначается для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы, а также дозового эквивалента дозы как ионизирующего фотонного излучения, так и плотности потока α -, β -частиц.

Используется для оперативного дозиметрического контроля радиационной обстановки, а также при составлении радиационных карт местности, при исследовании различных радиационных аномалий и для обнаружения загрязнения одежды, стен, полов, любых поверхностей, подвергающихся обследованию, и т.д.

Для исправной работы дозиметров-радиометров важно соблюдать условия эксплуатации, такие как: температура окружающей среды от -20 до +50 °С; атмосферное давление 84-106,7 кПа; относительная влажность воздуха до 95% при 35 °С.

Данные приборы возможно использовать в помещениях с плохим освещением и в темноте.

Состоит прибор из измерительного и сменных блоков детектирования БДБА-02, БДГ-01, в зависимости от используемого которых прибор измеряет определенное излучение, тип, энергетический диапазон и измеренное значение которого указаны в Таблице 2.1, а на Рисунке 2.1 представлен общий вид рассматриваемого прибора.

Таблица 2.1 – Характеристики дозиметра-радиометра ДРБП-03

№	Тип ионизирующего излучения, измеряемая величина	Диапазон энергий измеряемого излучения или нуклида	Тип блока
1.	Альфа-излучение		
1.1.	Плотность потока альфа-частиц	Pu ²³⁹	БДБА-02
2.	Бета-излучение		
2.1.	Плотность потока бета-частиц	от 0,15 до 3,5 МэВ	БДБА-02
3.	Рентгеновское и гамма-излучение		
3.1.	Интенсивность экспозиции	от 0,05 до 3,0 МэВ	Пульт дистанционного управления, БДГ-01
3.2.	Доза облучения	от 0,05 до 3,0 МэВ	Пульт дистанционного управления



Рисунок 2.1 – Дозиметр-радиометр ДРБП-03

Коснемся также устройства еще одного типа приборов, пригодных для проведения измерений, рассматриваемых в работе, а именно блока детектирования бета излучения БДПБ-01, используемый для измерения плотности потока бета-частиц с загрязненных поверхностей, представляющий собой сцинтилляционный блок детектирования.

Области применения данного прибора также достаточно широки, наиболее часто применяется в: радиоэкологии; атомной промышленности; аварийно-спасательных службах; пожарных службах; гражданской обороне; санэпидемнадзоре и научных исследованиях.

Широкое применение блока детектирования БДПБ-01 определяется его особенностями, такими как:

- широкий диапазон измерений, высокая чувствительность;
- обнаружение источников бета-излучения;
- хорошая реакция на изменения радиационного поля;
- встроенная система стабилизации светодиодов;
- представляет собой интеллектуальный блок детектирования;
- имеется, что немаловажно, возможность работы в широком диапазоне температур в полевых условиях;
- объемная энергозависимая память прибора такого типа позволяет хранить и передавать на ПЭВМ до 500 спектров мощности амбиентного эквивалента дозы, измеренных в том числе в коллекторах и скважинах.

Ниже в Таблице 2.2 представлены основные технические характеристики БДПБ-01, общий вид прибора представлен на Рисунке 2.2.

Таблица 2.2 – Технические характеристики БДПБ-01

Детектор	пластик, $\varnothing 60$ мм.
Диапазон измерения плотности потока бета-частиц с поверхности, част./($\text{мин} \cdot \text{см}^2$)	$1 - 5 \cdot 10^5$
Диапазон измерения <u>флюенса</u> бета-частиц $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, см^{-2}	$1 - 3 \cdot 10^6$
Диапазон измерения поверхностной активности $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, Бк· см^{-2}	$4,4 \cdot 10^{-2} - 2,2 \cdot 10^4$
Диапазон энергии регистрируемых бета-частиц	155 кэВ - 3,5 МэВ
Основная погрешность измерения, %	
- в диапазоне 1 - 5 част./($\text{мин} \cdot \text{см}^2$)	± 50
- в диапазоне 5 – $5 \cdot 10^5$ част./($\text{мин} \cdot \text{см}^2$)	± 20
Диапазон рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$	-30.....+50



Рисунок 2.2 – Блок детектирования БДПБ-01

2.2 Заключение по главе

В данном разделе представлены к рассмотрению наиболее подходящие для проведения измерений, необходимых для исследования, мощности бета-фона, перечислены основные их технические характеристики и области применения. Данные, полученные посредством этих приборов, могут быть использованы далее для определения SWE.

3 Результаты и обсуждение

3.1 Данные длительного мониторинга радиационного фона

В настоящее время на испытательной площадке ТПУ – ИМКЭС (Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук) успешно проводятся длительный многолетний мониторинг радиационных и метеорологических параметров.

Ниже на Рисунке 3.1 представлен, так называемый, годовой ход, изменение в период 2011-2017 годов основных метеорологических параметров (температуры и давления), а также радиационных параметров (β -фона и γ -фона), кроме того представлены колебания толщины снежного покрова в течение этого же времени.

Исходя из представленного можно заключить, что сезонные колебания γ -фона и бета-фона происходят повсеместно с четкими минимумами именно в зимнее время, также наблюдается хорошая согласованность межгодовых вариаций, представленное на рисунке, подтверждает существование годового хода фонового бета-излучения, впрочем, как и фонового гамма-излучения.

В годовом цикле вариации β -фона можно наблюдать максимум летом.

Зимний период 2015-2016 годов, вероятно, регистрация радиационных параметров не проводилась по какой-то причине, поэтому присутствует разрыв в данных.

Соответственно, давление в зимнее время выше, чем в летнее, температура зимой ниже, чем летом, это очевидно. Однако, при визуальном анализе рисунка можно выдвинуть предположение о том, что корреляция между атмосферным давлением, температурой и β -фоном не является сильной.

Далее на Рисунке 3.2 представлены зависимости уровней бета-фона от температуры и атмосферного давления.

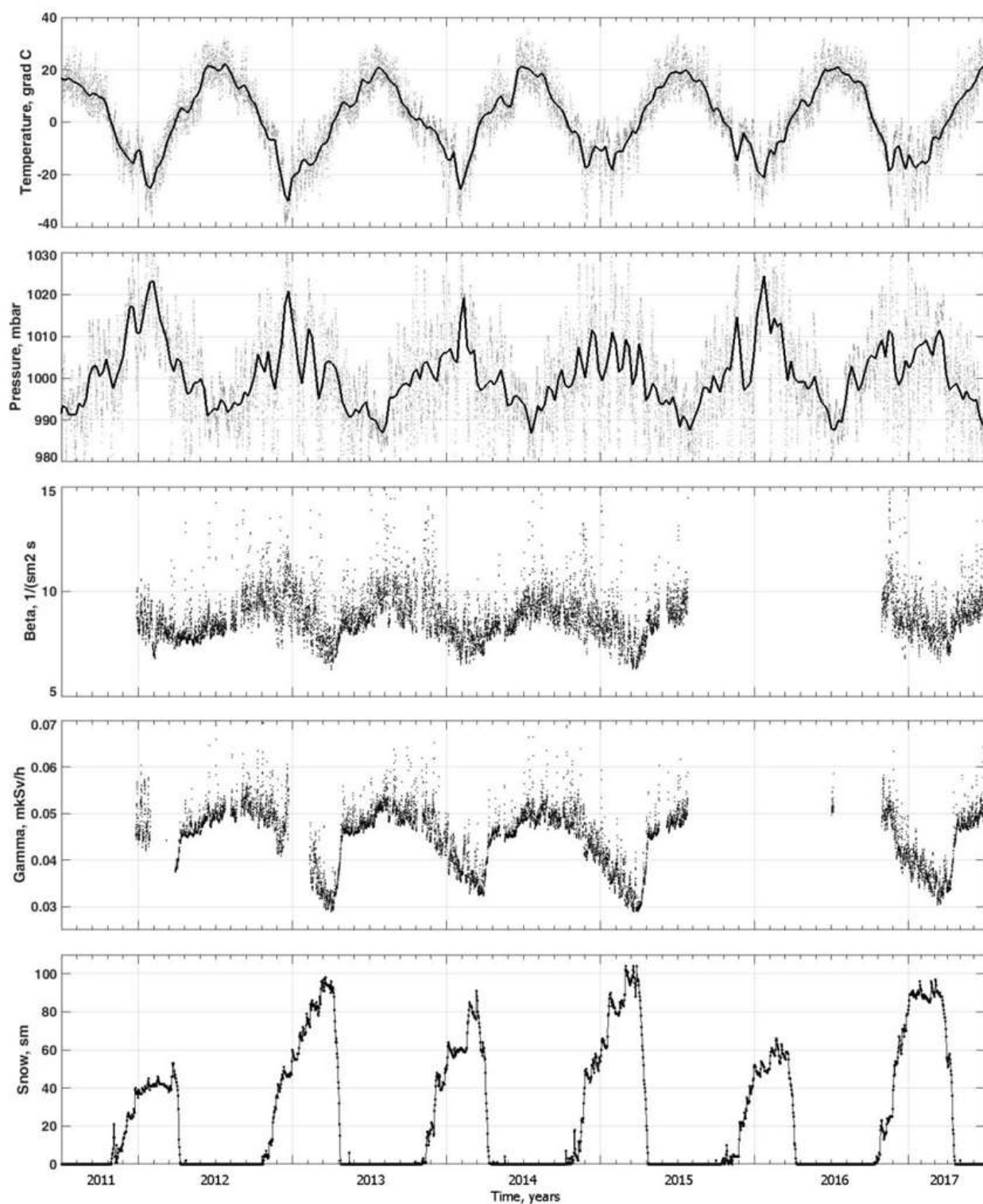


Рисунок 3.1 – Изменения метеорологических параметров (давления и температуры) и радиационных параметров (гамма-, бета-фона) приземной атмосферы, также результаты наблюдения за уровнем снежного покрова в период 2011-2017 годов

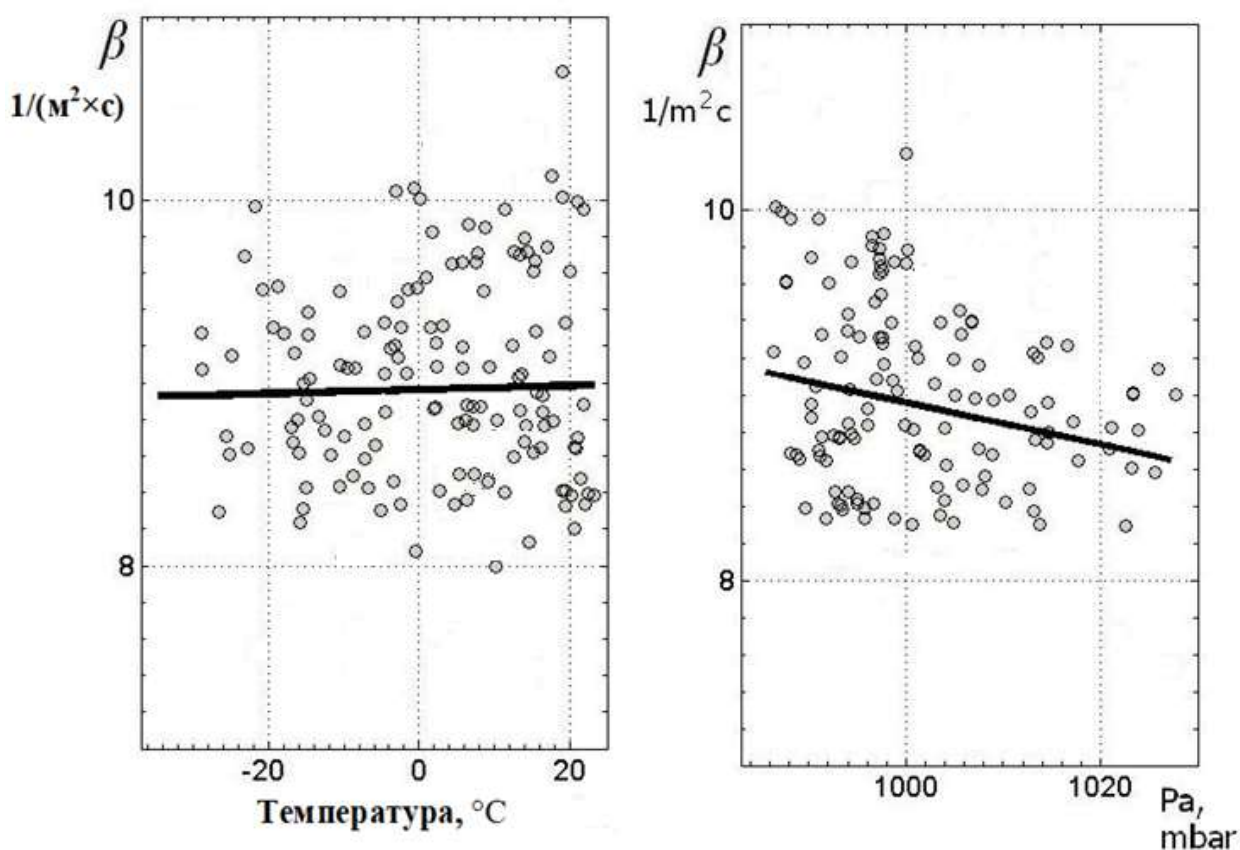


Рисунок 3.2 – Зависимости уровней β -фона от температуры и атмосферного давления

Анализируя Рисунок 3.2, можно утверждать, что связь уровня β -фона с температурой атмосферы очень слабая с соответствующим коэффициентом корреляции порядка 0,1-0,2.

Результаты регрессионного анализа между β -фоном и атмосферным давлением, как видно из рисунка, также подтверждают слабую связь, однако, более существенную, чем с температурой, с увеличением давления наблюдается слабая регрессия бета-фона, это справедливо в отдельные периоды года, а в целом зависимость бета-фона от давления также практически отсутствует.

На Рисунке 3.3 также представлена зависимость бета-фона от давления с некоторыми вариациями в зависимости от величины снежного покрова.

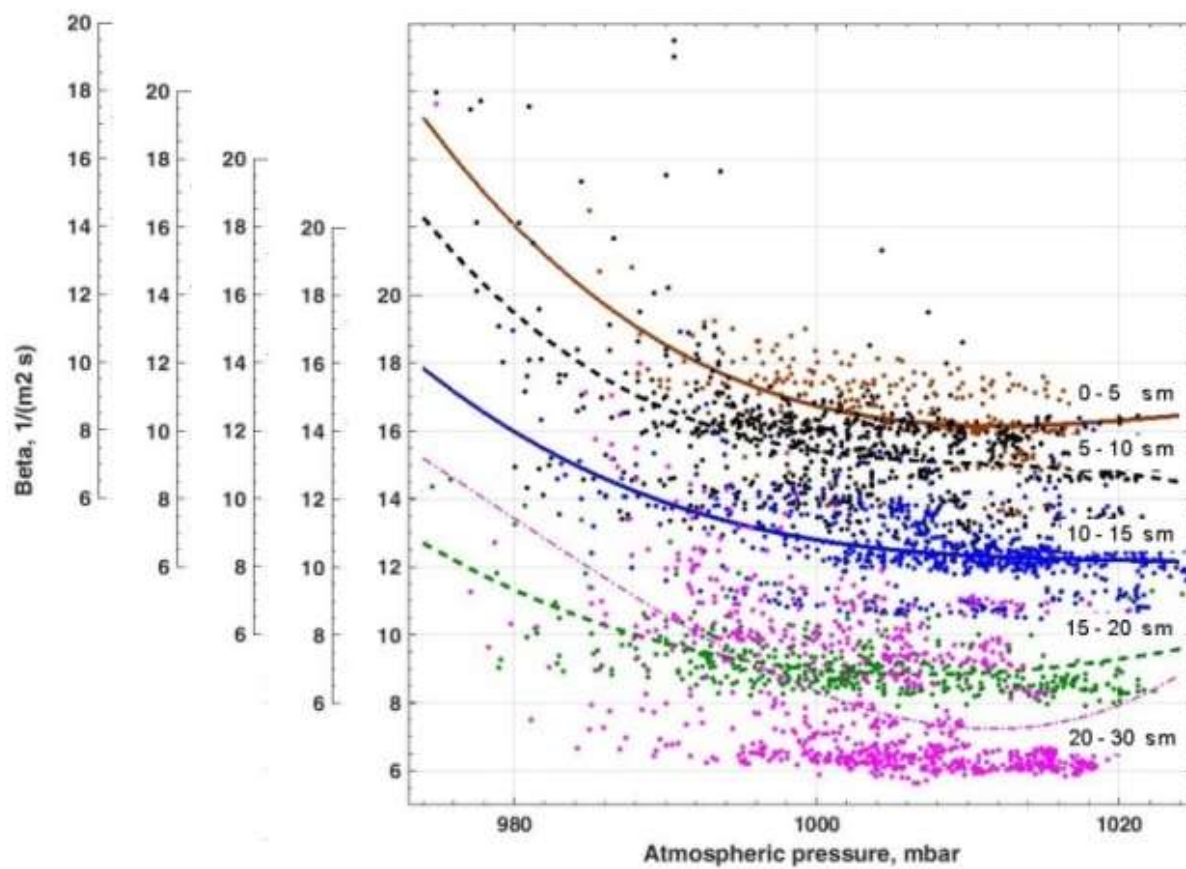


Рисунок 3.3 – Зависимости уровней β -фона от атмосферного давления

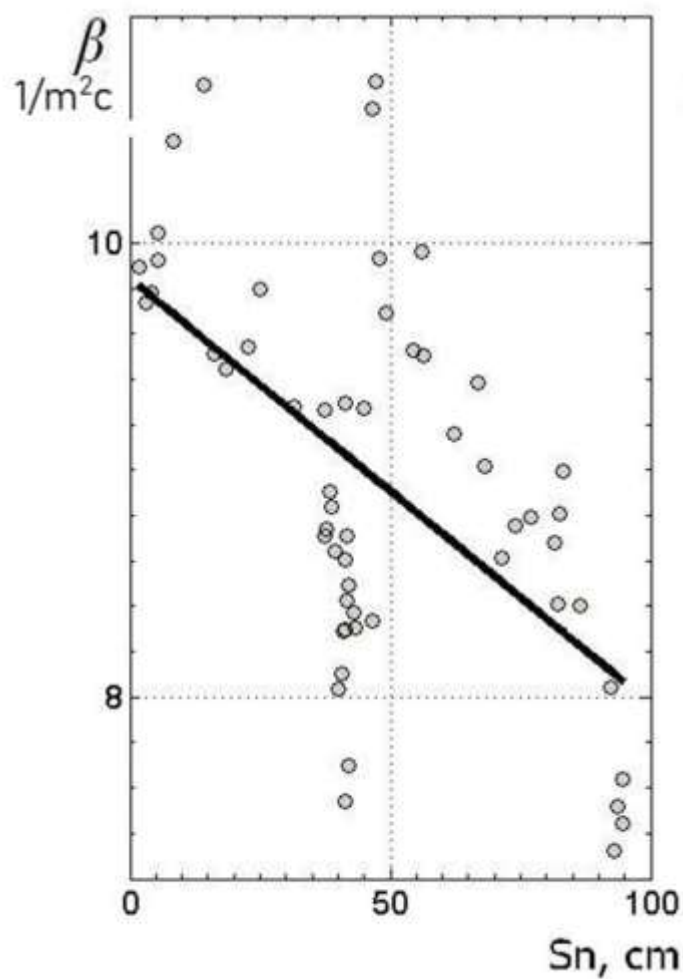


Рисунок 3.4 – Зависимость уровня β -фона от толщины снежного покрова

На Рисунке 3.4 представлены результаты регрессионного анализа зависимости, можно заключить, что бета-фон зависит от высоты слоя снега, то есть присутствует значительная корреляция указанных величин. С увеличением величины снежного покрова значение уровня бета-фона стремиться к нулю.

3.2 Математическое моделирование переноса радона в двухслойной системе «грунт - снежный покров» в программе Wolfram Mathematica

Так как снег, выпавший на земную поверхность, образует с ней двухслойную систему, в данном пункте проведено математическое моделирование для пояснения распределения активности радона в грунте и слое снега с применением одномерного диффузионно-адвективного уравнения переноса ^{222}Rn в двухслойной геологической среде:

$$\frac{\partial A_i(z)}{\partial t} = \frac{\partial^2 A_i(z)}{\partial z^2} + \frac{v}{D_{ei}} \frac{\partial A_i(z)}{\partial z} - \frac{\lambda}{D_{ei}} A(z) + \frac{A_{\infty i}}{D_{ei}} \quad (3.1)$$

где $A(z)$ – поровая активность ^{222}Rn , Бк/м³;

i – номер слоя, в рассматриваемом случае слоя два – слой почвы и слой снега;

D_e – эффективный коэффициент диффузии ^{222}Rn , м²/с;

v – скорость адвективного переноса ^{222}Rn в грунте (положителен при направлении адвективного переноса к поверхности земли, отрицателен, при направлении адвективного переноса вглубь земли), м/с;

λ – постоянная распада ^{222}Rn , с⁻¹;

A_{∞} – поровая активность ^{222}Rn , находящегося в радиоактивном равновесии с ^{226}Ra , которая определяется из выражения:

$$A_{\infty} = \frac{K_{em} A_{Ra} \rho_s (1 - \eta)}{\eta} \quad (3.2)$$

где: K_{em} – коэффициент эманирования, отн. ед.;

A_{Ra} – удельная активность ^{226}Ra , Бк/кг;

ρ_s – плотность твердых частиц грунта, кг/м³;

η – пористость грунта, отн. ед.;

При этом плотность потока изотопов радона определяется согласно I закону Фика и с учетом адвективного переноса из выражения:

$$q(z) = -D_e \frac{\partial(\eta A(z))}{\partial z} + v\eta A(z) \quad (3.3)$$

Для моделирования использованы следующие начальные условия:

Была решена двумерная задача со следующими 2 слоями:

1 слой) Плотность грунта приняли равным $2,7 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$, пористость грунта 0,8 отн. ед., удельная активность Ra-226 в грунте 20 Бк/кг, коэффициент эманирования радона – 0,2 отн. ед., коэффициент диффузии радона - 0,3 отн.ед.

2 слой) Плотность снега варьировали от 30 до 70 $\text{мг}\cdot\text{см}^{-3}$, пористость снега изменялась в течении сезона от 0,8 (свежевыпавший снег) до 0,3 (снег со льдом) отн. ед., коэффициент эманирования радона – 0,2 отн. ед., коэффициент диффузии радона - 0,3 отн.ед.

Решали систему дифференциальных уравнений с граничными условиями:

$$A_1(0)=0;$$

$$A_2(\infty)=A_{\infty 2} ;$$

$$-D_e \frac{\partial(\eta_1(H))}{\partial z} + v\eta_1 A_1(H) = -D_e \frac{\partial(\eta_2(H))}{\partial z} + v\eta_2 A_2(H) ,$$

где H – толщина снега.

На Рисунках 3.5 – 3.10 ниже приведены результаты моделирования. Моделирование проведено для различных скоростей адвективного переноса

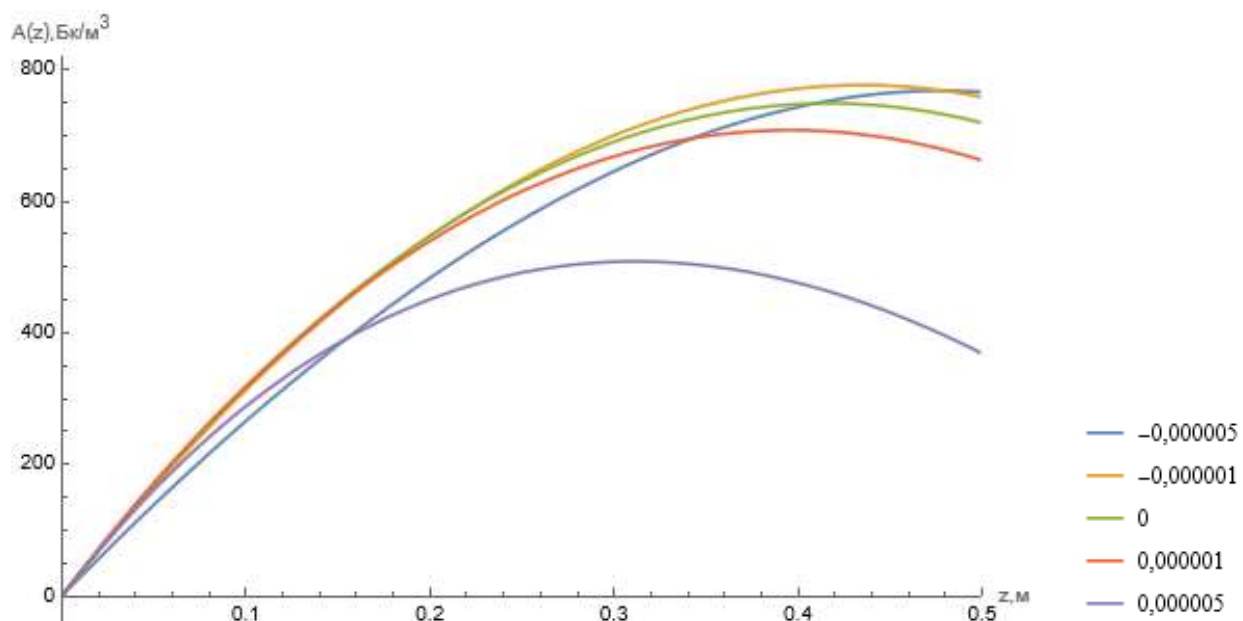


Рисунок 3.5 - Распределение поровой активности $A(z)$ радона в грунте в начале зимы

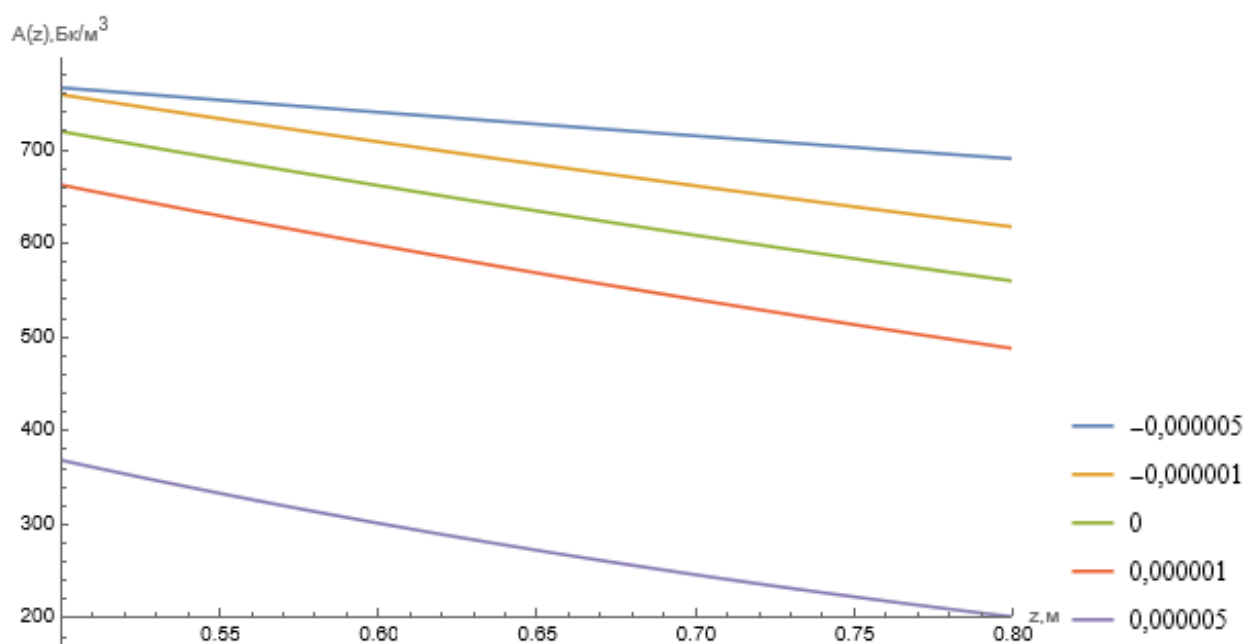


Рисунок 3.6 - Распределение поровой активности $A(z)$ радона в снежном покрове толщиной 30 см в начале зимы

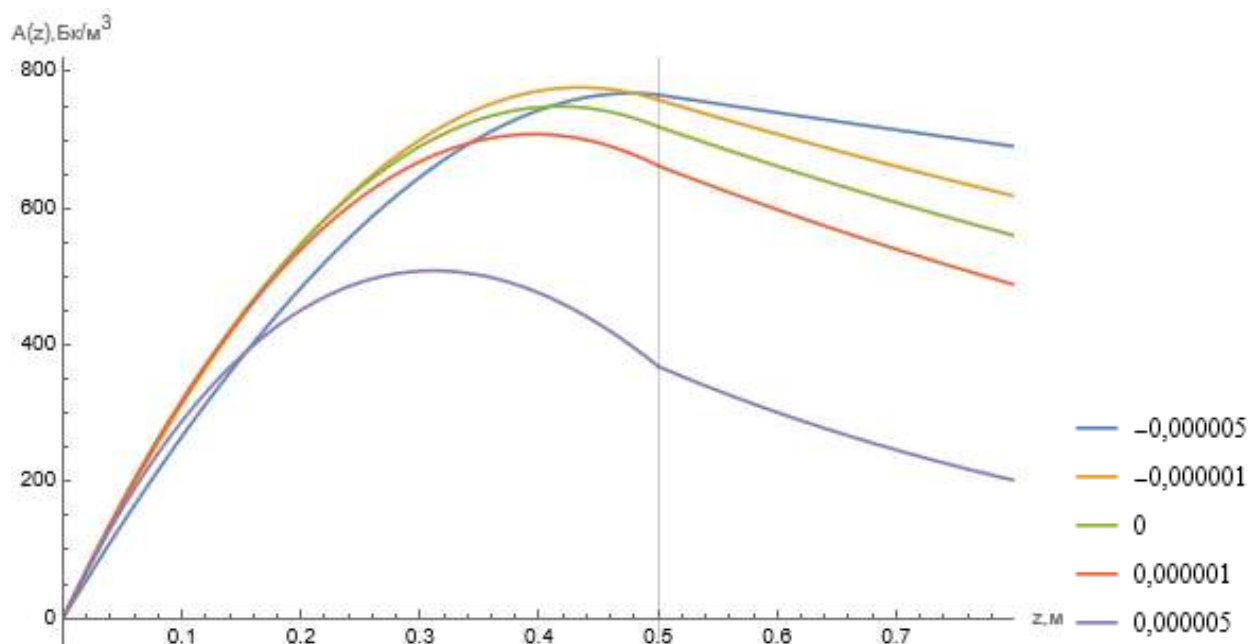


Рисунок 3.7 - Распределение поровой активности $A(z)$ радона в грунте и снежном покрове высотой 30 см в начале зимы

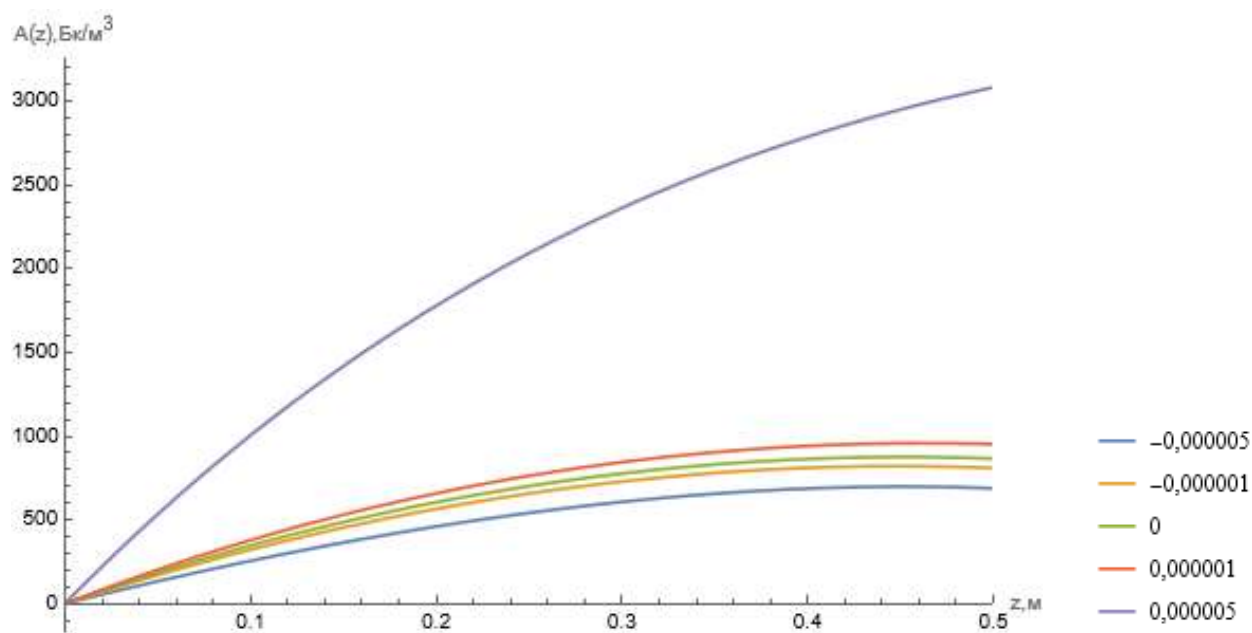


Рисунок 3.8 - Распределение поровой активности $A(z)$ радона в грунте в конце зимы

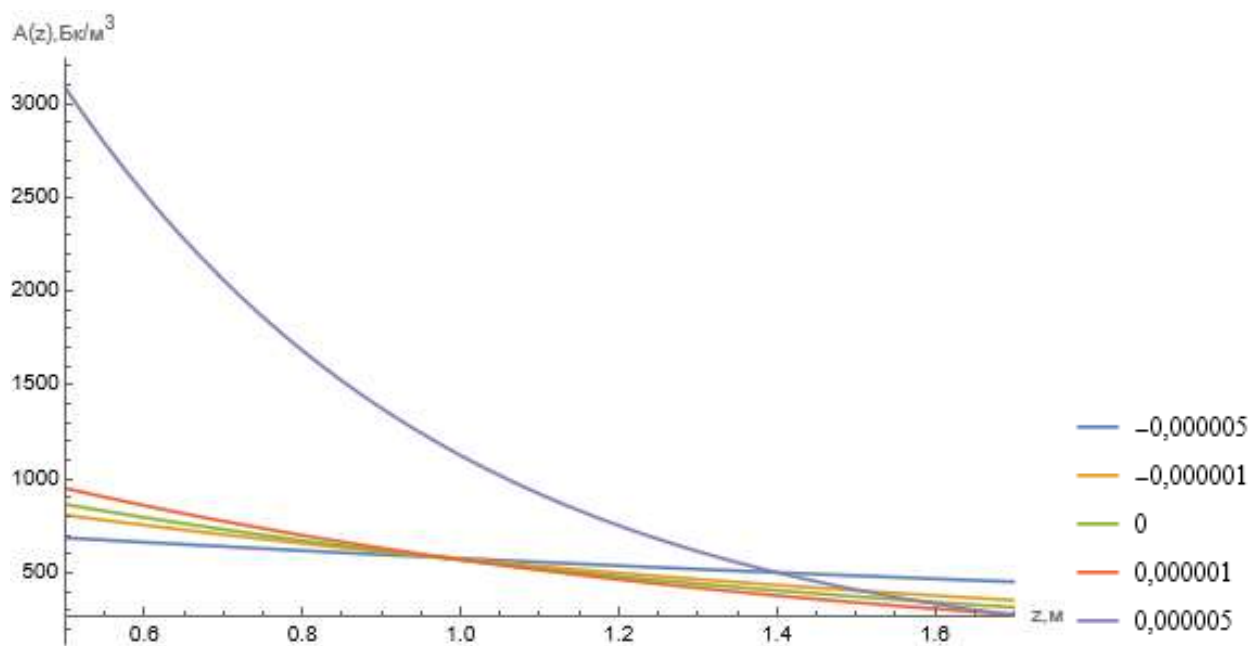


Рисунок 3.9 - Распределение поровой активности $A(z)$ радона в снежном покрове, высота слоя которого 120 см, на конец зимы

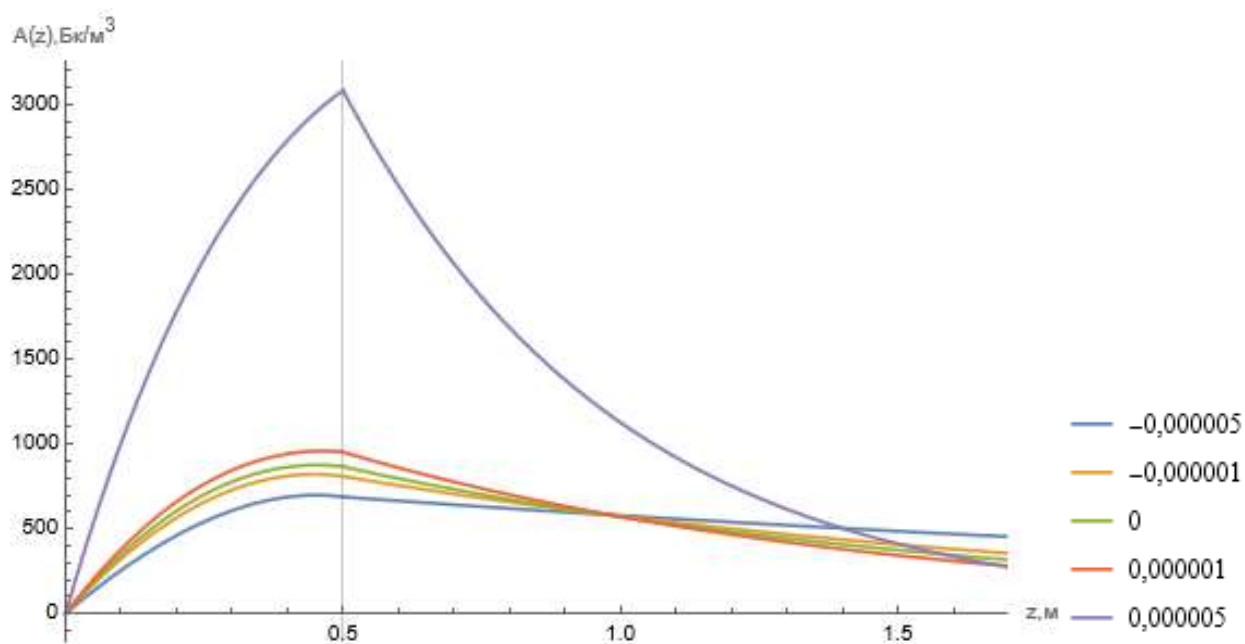


Рисунок 3.10 - Распределение поровой активности $A(z)$ радона в грунте и снежном покрове, высота слоя которого 120 см, на конец зимы

Проведя анализ зависимостей можно сделать вывод, что на вертикальный профиль поровой активности радона в системе «грунт-снег» значительно влияет как наличие снежного покрова, так и высота слоя снега, и параметры снега.

Необходимо также учесть то, что наряду с изменением высоты снега в слое к концу зимы изменяются и характеристики снега, такие как плотность и пористость (к концу зимы происходит уплотнение снега), кроме того меняется и структура снежного слоя, его неравномерность, так как в результате потепления верхние слои снежного покрова частично превращаются в талую воду, при понижении температуры подмораживаются, образуя лед, тем самым препятствуя выходу радона в атмосферу (слой воды, также как и слой льда некоторым образом экранируют выход радона из почвы).

3.3 Расчет водного эквивалента снежного покрова по бета-фону приземной атмосферы

Расчет водного эквивалента снежного покрова проводили по методике, изложенной в [5]. Патент [5] содержит описание способа определения водного эквивалента снежного покрова с использованием данных бета-фона приземной атмосферы. По предлагаемой методике водный эквивалент можно рассчитать, используя не менее двух измерений бета-фона: в присутствии и в отсутствие снежного покрова по рассмотренной ранее формуле (1.2):

$$W = \frac{\ln(P_{\beta 2}^z(W=0)/P_{\beta 1}^z)}{\rho_{\text{в}} \cdot \mu_{\text{м}}}.$$

Повторим обязательное условие, которое позволит получить достоверные адекватные значения: измерение бета-фона приземной атмосферы требуется производить на одинаковой высоте от поверхности земли, а также измерения необходимо проводить не менее чем через 3,5 часа после факта выпадения снежных осадков.

Расчеты для определения водного эквивалента проводили, используя результаты многолетнего мониторинга Томской обсерватории

радиоактивности и ионизирующего излучения (ТОРИИ) при ТПУ (Рисунок 3.11).

Используя данные мониторинга бета-излучения, рассчитали водный эквивалент снежного покрова.

3.4 Методика определения плотности снега

В настоящем исследовании предлагается методика определения плотности снега, по известному водному эквиваленту и высоте слоя снега.

Необходимое условие:

При расчетах обязательно нужно использовать данные по водному эквиваленту и высоте снега, соответствующие одному географическому положению.

$$\rho_{\text{сн}} = W \cdot \rho_{\text{в}} / h \quad (3.4)$$

где: W – рассчитанный водный эквивалент в снежном покрове, м;

h – высота слоя снега, м;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, кг/м³

Результаты расчета приведены на Рисунке 3.11.

Как видно из полученных зависимостей, как правило, в начале зимы плотность снега не значительна, ближе к весне плотность увеличивается, и достигает пиковых значений к моменту снеготаяния.

Данная методика подходит как для единичных измерений, так и для длительного мониторинга.

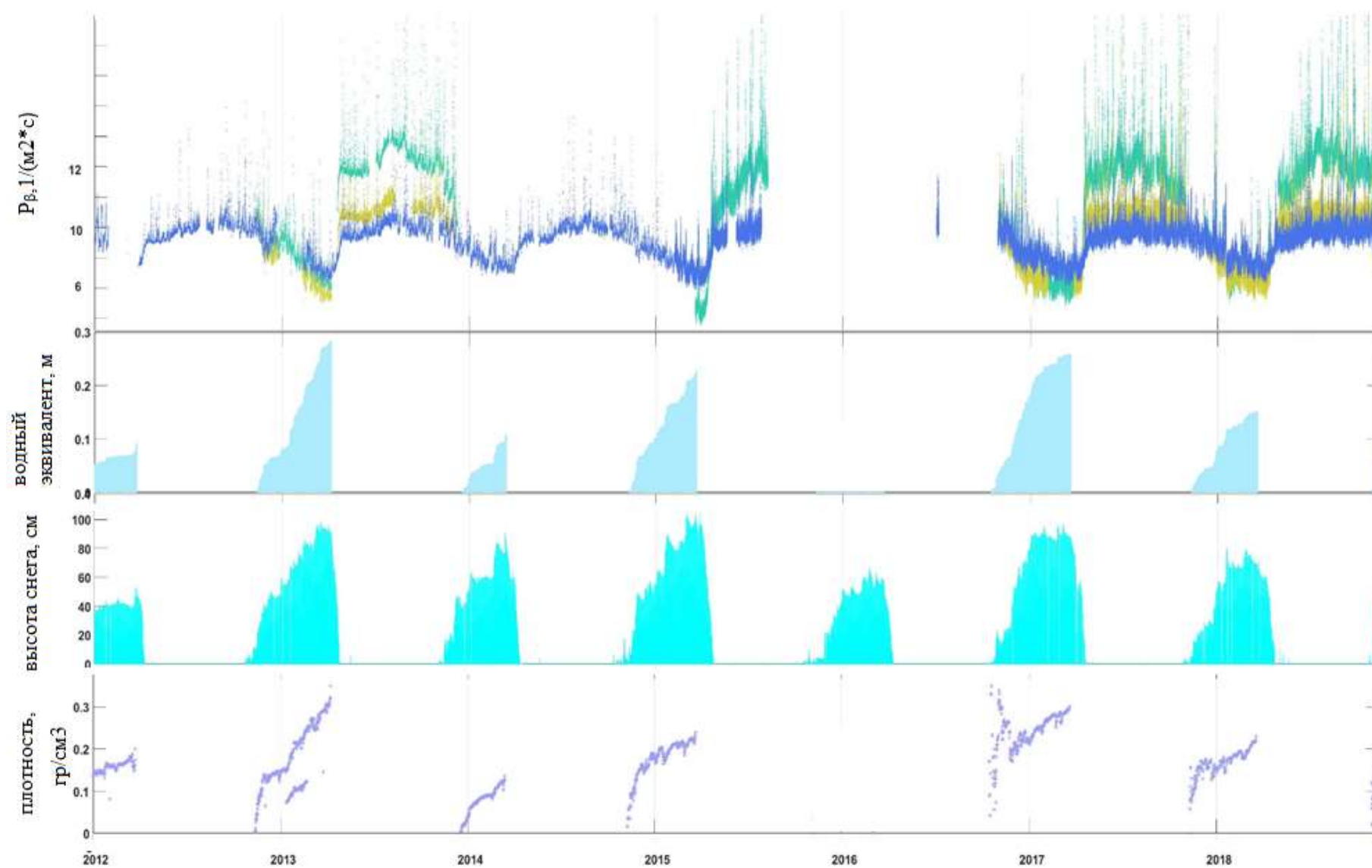


Рисунок 3.11 - Результаты расчета плотности снега, усредненные по высоте.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
0AM13	Чуприна Александру Борисовичу

Школа	ИШЯТ	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Бюджет проекта – не более 425358,4 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 198933,5 руб.
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4,4 баллов из 5
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды составляют 30%
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Технико-экономическое обоснование проекта, определение потенциальных потребителей результатов. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения
<i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет.</i>	Планирование работ по проекту. Расчет бюджета затрат на проектирование, в том числе материальных затрат, затрат на оборудование, на заработную плату
<i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования
Перечень графического материала:	
Матрица SWOT Диаграмма Ганта Сетевой план-график Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ	
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.03.2023

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		13.03.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM13	Чуприна Александр Борисович		13.03.2023

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является оценка перспективности научного исследования, планирование финансовой и коммерческой ценности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления. Коммерческая привлекательность научного исследования определяется тем, насколько быстро и успешно разработчик ответит на следующие вопросы: востребован ли будет продукт на рынке, какова будет его цена, какова величина бюджета научного проекта, какое время потребуется для продвижения продукта на рынке и т.д.

Достижение поставленной цели обеспечивается решением следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- расчет бюджета научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной, финансовой, социальной эффективности исследований.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Мониторинг плотности потока бета-излучения показал, что атмосферный бета-фон не является постоянной величиной, с наступлением зимнего периода он снижается, это связано с образованием и увеличением снежного покрова. Такая зависимость позволяет в автоматическом режиме определять величину водного эквивалента снежного покрова – важной характеристики для сельского хозяйства, определение его является актуальной региональной задачей (в первую очередь для сельскохозяйственных регионов РФ) из-за проблем, возникающих во время весеннего паводка.

Указанный способ определения влагозапаса в снежном покрове является простым, так как достаточно произвести только два измерения плотности потока бета-излучения (до выпадения снега и накануне снеготаяния).

Способ пригоден и для мониторинга влагозапаса в снежном покрове, и для разовых измерений, при проведении мониторинга используется блок детектирования бета-излучения БДПБ-01, работающий, соответственно, в режиме мониторинга.

Далее величина водного эквивалента снежного покрова может быть использована для определения плотности снежного покрова.

Заинтересованность в данном исследовании могут проявить различные гидрометеорологические организации, оперативные службы ГО и ЧС, научно-исследовательские институты,

На основании всего вышесказанного построена карта сегментирования рынка услуг.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка услуг

		Организация		
		Научно-исследовательские институты	Гидрометеорологические организации	Оперативные службы ГО и ЧС
Область применения	Результаты научно-исследовательской работы			
	Возможность оценивать величину водного эквивалента снежного покрова			
	Определение величины влагозапаса			

Из Таблицы 4.1 видно, что проведенное исследование, разработка методики определения величины влагозапаса и оценки величины водного эквивалента снежного покрова по бета-фону приземной атмосферы, в первую очередь, представляет интерес для различных гидрометеорологических организаций и оперативных служб ГО и ЧС ввиду важности вопроса предотвращения и ликвидаций последствий весенних паводков. Вместе с тем результаты научно-исследовательской работы заинтересуют различные НИИ.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки.

Для анализа конкурентных технических решений использованы данные по инструментальным измерениям водного эквивалента снега с помощью

пробоотборника. Позиция разработки и конкурентного метода оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибальной шкале, при этом 1 балл обозначает наиболее слабую позицию, 5 баллов – соответственно наиболее сильная позиция. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять единицу [15].

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – вес показателя (доля); B_i – средневзвешенное значение i -го показателя; B_{kl} – измерения с помощью пробоотборника.

Целесообразно данный анализ проводить с помощью оценочной карты.

Широко известен способ определения водного эквивалента снежного покрова, который заключается в измерении массы образцов снега, извлеченных из исследуемого снежного покрова с помощью пробоотборника весового снегомера. Весовым снегомером можно сразу определить влагозапас в снежном покрове (в м), кроме того, можно рассчитать, сколько воды (в т или м³) получит 1 га от таяния снега.

Способ достаточно прост, но трудоемок. Так как внутреннюю поверхность пробоотборника трудно очистить от грунта, остатков растительности, непосредственно снега и влаги, в целом снижается достоверность результатов измерений. Кроме того, при проведении механических измерений отдельные части прибора могут быть утеряны и повреждены.

Оценочной карта приведена ниже.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		B_{ϕ}	B_{kl}	K_{ϕ}	K_{kl}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Достоверность полученных данных	0,20	4	4	0,80	0,80
2. Автоматизация	0,15	5	2	0,75	0,30
2. Отсутствие влияния атмосферных условий на эксперимент	0,12	4	3	0,48	0,36
3. Простота проведения эксперимента	0,10	4	2	0,40	0,20
4. Безопасность проведения эксперимента	0,10	4	2	0,40	0,20
5. Время наработки данных	0,10	5	2	0,50	0,20
6. Наличие дорогостоящего оборудования	0,05	5	3	0,25	0,15
7.					
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Стоимость материалов	0,10	5	2	0,50	0,20
2. Финансирование научной разработки	0,05	5	2	0,25	0,10
3. Конкурентоспособность	0,03	4	3	0,12	0,09
Итого	1			4,45	2,60

Примечание: в Таблице 4.2 показатели с индексом «ф» характеризуют рассматриваемый метод определения водного эквивалента снежного покрова, а индекс «kl» соответствует методу с использованием весового снегомера.

По итогам таблицы видно, что рассматриваемая научная разработка способна заинтересовать партнеров и инвесторов за счет своей ресурсоэффективности, отличной от проведения инструментальных измерений водного эквивалента снега с помощью пробоотборника.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ (Strengths – сильные стороны; Weaknesses – слабые стороны; Opportunities – возможности; Threats – угрозы) представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Данный вид анализа применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта в целом.

SWOT-анализ заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде [15].

Сильные стороны – факторы, которые характеризуют конкурентоспособность научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть определенное преимущество или ресурсы, особенные с точки зрения конкуренции. Таким образом, сильные стороны – ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут эффективно быть использованы для достижения поставленных целей.

Слабые стороны – недостатки, упущения, ограниченности научно-исследовательского проекта, препятствующие достижению целей.

Возможности включают в себя некоторые предпочтительные ситуации в настоящем или будущем, возникающие в условиях окружающей среды проекта, к примеру, тенденции, изменения, потребности, которые способны поддержать спрос на результаты проекта, а руководству проекта помочь улучшить свою конкурентную позицию.

Угрозы – это любые нежелательные ситуации, тенденции, изменения в условиях окружающей среды, имеющие разрушительный или угрожающий конкурентоспособности проекта в настоящем или будущем характер. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, способное повлечь за собой проблемы, разрушения, вред, ущерб для проекта.

В Таблице 4.3 представлен SWOT-анализ научно-исследовательской работы.

Таблица 4.3 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Достоверность полученных данных; С2. Новизна научного исследования; С3. Расширение границ применимости; С4. Безопасность проведения исследования; С5. Автоматизация; С6. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие финансирования; Сл2. Значительный срок обработки результатов; Сл3. Отсутствие информации о результатах исследований данного типа.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; В2. Новизна исследования приведет к появлению заинтересованных сторон.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: 1) рост спроса на подобные исследования за счет распространения среди различных организаций и университетов; 2) приоритет исследования в сравнении с конкурентами за счет должной надежности и безопасности.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: 1) отсутствие большого числа заказов на проведение исследований; 2) усовершенствование в будущем дозиметров-радиометров и блоков детектирования приведет к снижению их погрешности измерения.
Угрозы: У1. Высокая конкуренция из-за модернизации других приборов; У2. Отсутствие финансирования либо несвоевременное финансирование со стороны университета и государства.	1) высокая достоверность и невысокая стоимость данных повышает конкурентоспособность; 2) новизна идеи дает преимущество перед конкурентами.	1) стагнация исследований из-за отсутствия финансирования; 2) снижение стоимости дозиметров-радиометров и блоков детектирования позволит приобрести дополнительное количество их для расширения области измерения мощности дозы, что в свою очередь приведет к повышению спроса на методику

Для выявления степени необходимости проведения стратегических изменений построена интерактивная матрица, приведенная ниже. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны научно-исследовательского проекта							
Возможности		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	+	0	+	+	+
	B2	-	+	+	-	+	+

Примечание: «+» - значительное соответствие сильных сторон возможностям; «-» - незначительное соответствие; «0» - сомнение в выборе.

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

4.2 Инициация проекта

4.2.1 Цели и результат проекта

В данном разделе представлена информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в Таблице 4.5.

В Таблице 4.6 далее представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.5 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Инженер	Адекватная интерпретация величины бета-фона. Определение и прогнозирование величины водного эквивалента снежного покрова
Научно-исследовательские институты	Разработка автоматического метода определения и прогнозирование величины водного эквивалента снежного покрова, возможность определения величины влагозапаса
Оперативные службы ГО и ЧС	Использование достоверного метода определения и прогнозирования величины водного эквивалента снежного покрова, а также величины влагозапаса, оперативное и адекватное реагирование на высокие значения этих показателей с целью предупреждения и своевременной ликвидации последствий снеготаяния
Гидрометеорологические организации	Использование достоверного метода определения и прогнозирования величины водного эквивалента снежного покрова, а также величины влагозапаса, содействие оперативному и адекватному реагированию на высокие значения этих показателей соответствующих организаций

Таблица 4.6 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Провести экспериментальные исследования изменения мощности дозы бета-излучения на экспериментальной площадке
	Выявить взаимосвязь бета-излучения с характеристиками и величиной снежного покрова
	Определить величину влагозапаса
Требования к результату проекта	Достоверные результаты экспериментальных исследований изменения мощности дозы бета-излучения на экспериментальной площадке
	Адекватность выявленной взаимосвязи бета-излучения с характеристиками и величиной снежного покрова
	Адекватность метода определения величины влагозапаса

4.2.2 Организационная структура проекта

Необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты. Данные сведены в Таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, дн.
1	Беляева Ирина Владимировна, доцент ОЯТЦ ТПУ, к.ф.-м.н.	Руководитель проекта	Разработка технического задания, выбор направления исследований, координация деятельности разработчика, оценка полученных результатов	27
2	Чуприна Александр Борисович, студент гр. 0AM13	Инженер	Теоретические и экспериментальные исследования, проведение математического моделирования в рамках выполнения целей проекта	78
Итого:				105

4.3 Планирование научно-исследовательской работы

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждого вида работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научного исследования.

Для оптимизации процесса удобно использовать классический метод линейного планирования и управления. Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех видов работ.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, состоящая при необходимости из научных сотрудников и преподавателей, инженеров, техников и лаборантов, численность групп при этом может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. В рамках данного исследования была сформирована рабочая группа, состоящая из руководителя и инженера.

Порядок этапов и виды работ при выполнении ВКР, а также распределение исполнителей по видам работ приведены в таблице ниже.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания для НИР	1	Составление, утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Выбор направления исследования	Руководитель
	3	Разработка методики проведения исследования	Руководитель
	4	Календарное планирование работ	Руководитель Инженер
Теоретическое и экспериментальное 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 работы	Инженер

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения НИР

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, следовательно, важным моментом является

определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем, носит вероятностный характер. Для расчета используем формулу:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5}, \quad (4.2)$$

где $t_{ож\ i}$ - 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%.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{C_i}, \quad (4.3)$$

где T_{pi} - продолжительность i -ой работы, раб. дн.; $t_{ож\ i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.; C_i - численность исполнителей, выполняющих одновременно i -ую работу на данном этапе, чел.

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Разрабатывается календарный план выполнения работ НИР с построением графика проведения НИР в форме диаграмм Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ.

Для построения календарного план-графика длительность работ в рабочих днях следует перевести в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (4.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы, календ. дн.; T_{pi} – продолжительность выполнения i -ой работы, раб. дн.; k – коэффициент календарности для перевода рабочего времени в календарное.

$$k = \frac{T_{\kappa\zeta}}{T_{\kappa\zeta} - T_{\vartheta\delta} - T_{\eta\delta}}, \quad (4.5)$$

где $T_{\kappa\zeta}$ – количество календарных дней в году (в 2022 и 2023 годах составляет 365 дней); $T_{\vartheta\delta}$ – количество выходных дней в году; $T_{\eta\delta}$ – количество праздничных дней в году (в 2022 и 2023 годах количество нерабочих дней, то есть выходных и праздничных, составляет 118 дней).

Исходя из данных 2022 и 2023 года коэффициент календарности составляет: $k = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$.

На основании всего вышеописанного заполнена таблица, отражающая временные показатели.

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

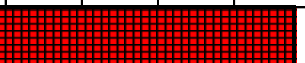
Исполнитель	i	$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{\text{ож}i}$	$\mathcal{C}_i$	T_{pi}	T_{ki}	
							расч.	округл.
Руководитель	1	1	2	1,4	1	1,4	2,07	2
Руководитель	2	1	2	1,4	1	1,4	2,07	2
Руководитель	3	2	4	2,8	1	2,8	4,14	4
Руководитель	4	2	4	2,8	1	2,8	4,14	4
Инженер		4	6	4,8	1	4,8	7,10	7
Инженер	5	14	30	26,4	1	26,4	39,07	39
Инженер	6	4	6	4,8	1	4,8	7,10	7
Руководитель	7	7	14	9,8	1	9,8	14,50	15
Инженер		4	6	4,8	1	4,8	7,10	7
Инженер	8	4	6	4,8	1	4,8	7,10	7
Инженер	9	4	6	4,8	1	4,8	7,10	7
Инженер	10	2	4	2,8	1	2,8	4,14	4
Итого	-	49	90	71,4	-	71,4	-	105

4.3.4 Разработка графика проведения научного исследования

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

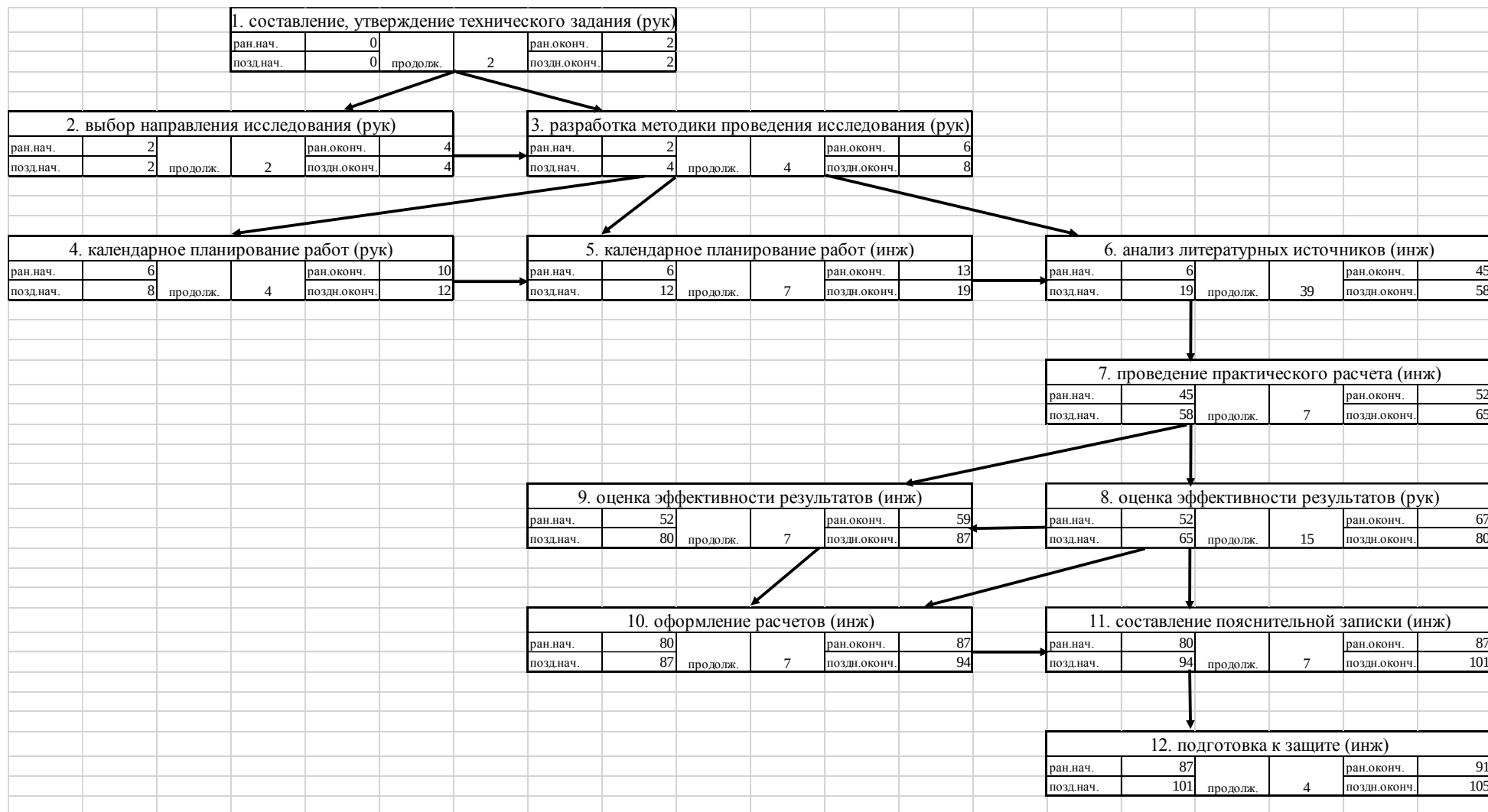
Календарный график представлен в виде таблицы с разбивкой по месяцам и декадам (диаграмма Ганта). Работы на графике выделены различной штриховкой для обозначения ответственного исполнителя. Параметры сетевого графика рассчитаны графическим способом.

Таблица 4.10 - Календарный план-график проведения научного исследования

<i>i</i>	Вид работ	Исполнитель	T_{ki} , календ. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				март			апрель			май			июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	составление, утверждение технического задания	Руководитель	2												
2	выбор направления исследования	Руководитель	2												
3	разработка методики проведения исследования	Руководитель	4												
4	календарное планирование работ	Руководитель	4												
		Инженер	7												
5	анализ литературных источников	Инженер	39												
6	проведение практического расчета	Инженер	7												
7	оценка эффективности результатов	Руководитель	15												
		Инженер	7												
8	оформление расчетов	Инженер	7												
9	составление пояснительной записки	Инженер	7												
10	подготовка к защите работы	Инженер	4												
			105												

	- инженер		- руководитель
---	-----------	---	----------------

Рисунок 4.1 – Сетевой план-график выполнения научного исследования



4.3.5 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования необходимо полно и достоверно отразить все виды расходов, связанных с его выполнением.

Затраты по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование;
- основная заработная плата сотрудников;
- дополнительная заработная плата сотрудников;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

4.3.5.1 Расчет материальных затрат

Данные по этому виду затрат сведены в таблицу ниже.

Таблица 4.11 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество ед.	Сумма, руб.
Офисная бумага А4	300	2	600
Картридж для лазерного принтера HP	1200	1	1200
Комплект канцелярских принадлежностей	350	2	700
Итого			2500

4.3.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование

Расчет в нашем случае сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения

работ по теме и использовалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудование учитываем только рабочие дни, в которые проводились работы.

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.6)$$

где n - срок полезного использования, лет.

При выполнении проекта использовался ПЭВМ – Asus. Срок полезного использования ноутбука по техническому паспорту – 3 года. Стоимость ноутбука 54000 руб.

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

Амортизация определяется следующим образом:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m, \quad (4.7)$$

где I – итоговая сумма, руб.; m – время использования, мес.

$$A = \frac{0,33 \cdot 54000}{12} \cdot 3,5 = 5198 \text{ руб.}$$

4.3.5.3 Основная заработная плата

В данную статью расходов входит основная заработная плата научных и инженерно-технических сотрудников, непосредственно занятых в выполнении работ по теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы.

Статья включает основную заработную плату сотрудников (включая премии, доплаты) $Z_{осн}$ и дополнительную заработную плату $Z_{доп}$:

$$C_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}. \quad (4.8)$$

Основная заработная плата сотрудника рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, (4.9)$$

где $Z_{дн}$ - среднедневная заработная плата сотрудника, руб.; T_p - продолжительность работ, выполняемых научно-техническим сотрудником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_o}, (4.10)$$

где Z_m - месячный должностной оклад сотрудника, руб.; M - количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 24 раб. дня, 5-дневной неделе $M = 11,2$ месяца); F_o - действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического сотрудника, раб. дн.

Таблица 4.12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
Выходные дни	92	92
Праздничные дни	26	26
Потери рабочего времени		
Отпуск	24	24
Невыходы по болезни	12	12
Действительный годовой фонд рабочего времени	211	211

Месячный должностной оклад сотрудника:

$$Z_m = Z_o \cdot (k_{np} + k_o) \cdot k_p, (4.11)$$

где Z_o - базовый оклад сотрудника (в расчете принимаем равным для руководителя и инженера 30000 и 15000 соответственно), руб.; k_{np} - премиальный коэффициент, определяемый Положением об оплате труда (в расчете принимаем равным 0,65); k_o - коэффициент доплат и надбавок,

определяемый Положением об оплате труда (в расчете принимаем равным 0,65); k_p - районный коэффициент (для Томска составляет 1,3).

Основная заработная плата рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает состав заработной платы: 1) оклад, который определяется предприятием, в ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями; 2) стимулирующие выплаты, которые устанавливаются руководителем подразделения за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и др.; 3) другие выплаты, районный коэффициент.

Результаты расчетов сведены в общую таблицу, представленную ниже.

Таблица 4.13 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Z_o , руб.	k_{np}	k_o	k_p	Z_m , руб.	Z_{on} , руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	30000	0,65	0,65	1,3	50700	2691,2	27	72662,4
Инженер	15000	0,65	0,65	1,3	25350	1345,6	78	104956,8
Итого $Z_{осн}$								177619,2

4.3.5.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени выполнения государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и др. Как правило, в среднем величина этих выплат составляет 12% от основной заработной платы.

Дополнительную заработную плату рассчитываем по формуле:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн}, \quad (4.12)$$

где $k_{дон}$ - коэффициент дополнительной зарплаты (в расчете принимаем 0,12);

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

Итоги расчетов сведены в общую таблицу.

Таблица 4.14 – Заработная плата исполнителей научно-технического исследования

Заработная плата	Руководитель	Инженер	Итого
Основная зарплата	72662,4	104956,8	177619,2
Дополнительная зарплата	8719,5	12594,8	21314,3
Зарплата сотрудника	81381,9	117551,6	198933,5

4.3.5.5 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и др.).

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (4.13)$$

где $k_{внеб}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Отчисления во внебюджетные фонды составляют 30%, в том числе: 22% в пенсионный фонд РФ, 2,9% в федеральный фонд социального страхования, 5,1% в федеральный фонд обязательного медицинского страхования.

Таблица 4.15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Сотрудник	Величина отчислений, руб.
Руководитель	24414,6
Инженер	35265,5
Итого	59680,1

4.3.5.6 Накладные расходы

В эту статью включены затраты на управление и хозяйственное обслуживание, отнесенные к рассматриваемому исследованию. Кроме того, к ним относятся и расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, зданий, сооружений и др. Как правило, в расчетах эти расходы принимают в размере 70-90% от суммы основной заработной платы или 80-

100% от суммы основной и дополнительной заработной платы сотрудников, участвующих в работе.

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.14)$$

где $k_{\text{накл}}$ - коэффициент накладных расходов (в расчете принимаем 0,8).

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot 198933,5 = 159146,8 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой стоимости научного исследования.

Таблица 4.16 – Калькуляция затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	2500
Затраты на специальное оборудование	5198
Основная заработная плата сотрудников	177619
Дополнительная заработная плата сотрудников	21314
Отчисления во внебюджетные фонды	59680
Накладные расходы	159147
	425358

4.4 Определение эффективности проекта

Эффективность научного проекта включает в себя социальную, экономическую и бюджетную эффективность. Кроме этого, можно выделить ресурсный эффект, научно-технический и др.

В рамках рассматриваемой работы определим эффективность посредством расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его величина складывается из коэффициентов финансовой эффективности и ресурсной эффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования, как правило, получают в ходе оценки бюджета затрат нескольких вариантов исполнения научного исследования. При этом наибольший интегральный показатель реализации технической задачи

принимается за базу расчета (знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Формула для определения интегрального финансового показателя разработки:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (4.15)$$

где Φ_{pi} - стоимость i -го варианта исполнения; $\Phi_{\max}$ - максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

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

Разработка имеет одно исполнение, поэтому $I_{\phi}^p = 1$.

Интегральный показатель ресурсоэффективности (для i -го варианта исполнения) определяется по формуле:

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i, \quad (4.16)$$

где a_i - весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i - балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливаемая экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 4.17 – Оценка характеристик исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка
1. Способствует производительности труда	0,10	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5
3. Помехоустойчивость	0,15	5
4. Энергосбережение	0,20	4
5. Надежность	0,25	4
6. Материалоемкость	0,15	4
Итого	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности в нашем случае составляет:

$$I_m^p = 0,10 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,20 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,4.$$

Интегральный показатель эффективности:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p} \cdot (4.17)$$

$$I_{финр}^p = \frac{4,25}{1} = 4,25.$$

Сравнение интегральных показателей эффективности проекта и аналогов позволяет выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. В нашем случае имеется только один вариант проекта, поэтому предполагается, что именно он и является наиболее эффективным.

Таблица 4.18 – Эффективность разработки

	Показатели	Оценка
1	Интегральный финансовый показатель	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,4
3	Интегральный показатель эффективности	4,4

В ходе выполнения данного раздела были определены финансовый показатель разработки, показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности.

4.5 Вывод по разделу

В результате можно сделать следующие выводы:

- результатом анализа конкурентных технических исследований является выбор наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими;
- в данной работе рассматривается единственный вариант реализации научного исследования, его и считаем наиболее подходящим и оптимальным;
- в ходе планирования для руководителя и инженера были разработаны графики реализации этапов работ, которые позволяют оценивать и планировать рабочее время сотрудников;
- проведена оценка затрат на реализацию проекта, бюджет которого составил 425358,4 руб.;
- в результате проведенной оценки эффективности определены следующие показатели:

1) значение интегрального финансового показателя 1, преимущества или недостатки рассмотренного варианта исполнения не выявлены, так как рассмотрена эффективность единственного варианта;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности составляет 4,4, что является хорошим показателем, рассмотренный вариант исполнения ресурсоэффективен;

3) значение интегрального показателя эффективности составляет 4,4, рассмотренный вариант исполнения является эффективным вариантом исполнения.

Задачи, поставленные для выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», выполнены в полном объеме. Проведенное исследование является эффективным с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

Группа	ФИО
0AM13	Чуприна Александру Борисовичу

Школа	ИШЯТ	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Описание организационных условий реализации социальной ответственности	Объектом исследования является методика определения характеристик снега по бета-фону приземной атмосферы. Рабочая зона – лаборатория, расположенная в 118 аудитории 10 корпуса ТПУ Область применения - гидрометеорологические организации, оперативные службы ГО и ЧС, научно-исследовательские институты
2. Законодательные и нормативные документы	При выполнении научно-исследовательской работы необходимо следовать требованиям: Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2011 №197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023); ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения; ГОСТ 21889-76 Система «человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования; ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны; ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности; СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы»; СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений; СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности; Пожаро-взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р 12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий; ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность; СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>1. Производственная безопасность при проведении исследования:</i>	Вредные и опасные производственные факторы: - повышенный уровень шума; - параметры микроклимата; - освящение рабочего места; - психофизические факторы; - ионизирующее излучение; - электрический ток; - электробезопасность; - пожаро- и взрывоопасность рабочей зоны.
<i>2. Безопасность в аварийных и чрезвычайных ситуациях (АС и ЧС) при проведении исследования:</i>	Возможные аварийные и чрезвычайные ситуации: повреждения / перелом при падении с высоты собственного роста, поражение электрическим током, пожар. Наиболее вероятной АС и ЧС является возникновение пожара на рабочем месте вследствие возгорания оборудования.
Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	
13.03.2023	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ ТПУ	Передерин Ю.В.	к.т.н.		13.03.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ13	Чуприна Александр Борисович		13.03.2023

5 Социальная ответственность

Повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда, объединение различных мероприятий в единую систему целенаправленных действий на всех стадиях производственного процесса является одним из ключевых направлений улучшения работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

Вредный производственный фактор – это такой производственный фактор, воздействие которого в некоторых условиях на работника приводит либо к заболеванию, либо к снижению работоспособности его.

Опасный же производственный фактор – это производственный фактор, воздействие которого в некоторых условиях может привести к травме работника либо к другому внезапному ухудшению здоровья.

При работе на ПЭВМ на сотрудника действуют вредные факторы:

- физические – температура и влажность окружающего воздуха, освещенность рабочего места, шум, статическое электричество, наличие излучения, электромагнитное поле низкой частоты;
- психофизические – физические перегрузки статические и динамические, нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, эмоциональные перегрузки, монотонность труда).

При работе на ПЭВМ можно выделить опасный производственный фактор – поражение электрическим током.

В процессе работы с компьютером необходимо также соблюдать рациональный режим труда и отдыха, так как в противном случае у сотрудников наблюдаются значительные напряжение зрительного аппарата, головные боли, боли в пояснице, шее, руках, нарушение сна, усталость, в свою очередь это приводит к неудовлетворенности в работе и снижению работоспособности.

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

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Ключевые положения по охране труда представлены в Трудовом кодексе Российской Федерации [16]. Охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасных условий труда, предотвращение профессиональных заболеваний и травматизма на производстве – приоритетные задачи государства.

Согласно ТК РФ [16] каждый работающий имеет право на:

- соответствующее требованиям охраны труда рабочее место;
- обязательное социальное страхование от профессиональных заболеваний и от несчастных случаев на производстве;
- получение достоверной информации об условиях и охране труда на рабочем месте, о имеющемся риске для здоровья, о мерах по защите от воздействия вредных и опасных факторов производства, данная информация должна предоставляться в полном объеме работодателем, соответствующими государственными органами и общественными организациями;
- отказ от выполнения работ, которые несут опасность для его жизни и здоровья, в том числе и вследствие нарушения требований охраны труда;
- обеспечение за счет средств работодателя средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда;
- обучение за счет работодателя безопасным методам и приемам труда;
- личное участие либо участие через представителей в рассмотрении вопросов по обеспечению безопасных условий труда на рабочем месте, также в

расследовании произошедшего несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;

- внеочередной медицинский осмотр по медицинским показаниям с сохранением за ним места работы и среднего заработка во время прохождения медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с ТК РФ, коллективным договором, трудовым договором, если выполняемые работы имеют вредные и опасные условия труда.

Согласно ТК РФ[16] нормальная продолжительность рабочего времени не должна превышать 40 часов в неделю, при этом работодатель обязан вести учет рабочего времени каждого работника.

Все сотрудники должны знать и строго соблюдать правила техники безопасности и производственной санитарии, обучение которым состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний работника по правилам техники безопасности проводится комиссией после прохождения обучения на рабочем месте, при этом проверяемому при положительном прохождении проверки присваивается квалификационная группа по технике безопасности, соответствующая его знаниям и опыту работы и выдается специальное удостоверение.

Обслуживающие электроустановки лица не должны иметь болезней, препятствующих производственной работе.

Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

5.2 Эргономические требования к рабочему месту

Рабочее место, а также взаимное расположение элементов рабочего места должно соответствовать как антропометрическим и физическим, так и психологическим требованиям.

Рабочее место должно быть рационально спланировано, это предполагает порядок и постоянство размещения документации, средств труда, предметов. Часто используемое в выполнении работы должно размещаться, по возможности, в зоне так называемой легкой досягаемости рабочего пространства, схема представлена на рисунке 6.1.

К эргономическим аспектам организации рабочего места относятся и высота рабочей поверхности, и размеры свободного пространства для ног, и расположение документов на рабочем месте (расстояние от глаз сотрудника до экрана, клавиатуры, документа, размеры подставки для документов и др.), и поверхность рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места, и характеристики рабочего кресла.

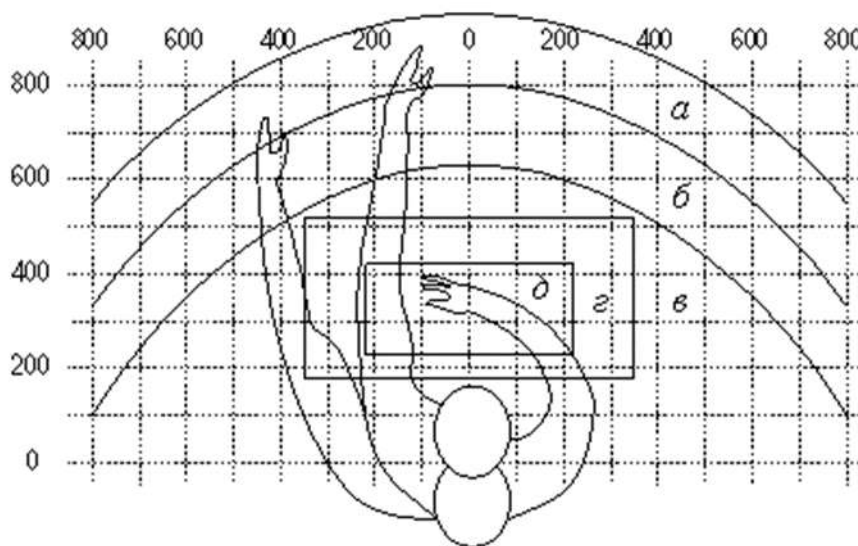


Рисунок 5.1 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

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

На рисунке 5.2 представлен пример основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе сотрудника.

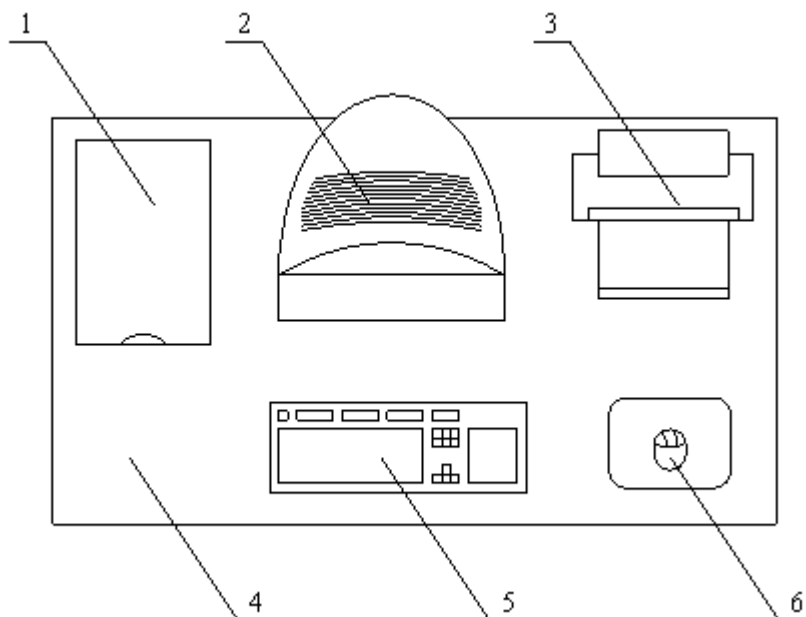


Рисунок 5.2 – Пример расположения основных и периферийных составляющих ПК

1 – сканер (либо системный блок); 2 – монитор; 3 – принтер (либо принтер-сканер); 4 – поверхность стола; 5 – клавиатура; 6 – манипулятор типа «мышь»

Соответственно: дисплей располагается в зоне а (центр); клавиатура – в зоне г или д; системный блок (либо сканер) – в зоне б (слева); принтер либо многофункциональное устройство принтер/сканер – в зоне а (справа); «мышь» - в зоне в (справа); документация, необходимая в работе) – в зоне легкой досягаемости ладони, а документация, неиспользуемая постоянно, - в выдвижных ящиках стола.

Согласно [18] регулируемая высота рабочей поверхности стола должна изменяться в пределах 680-800 мм, а в случае отсутствия регулировки высота рабочей поверхности стола должна быть 725 мм. Размеры рабочей поверхности стола должны быть: глубина – не менее 600 мм, ширина – не менее 1200 мм; при этом предпочтительные размеры 800 мм и 1600 мм соответственно. Кроме того, рабочий стол должен иметь пространство для ног

высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне ног – не менее 650 мм.

Этот же документ регламентирует требования к рабочему стулу (креслу). Основные положения: рабочий стул должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья; поверхность сиденья должна иметь ширину и глубину не менее 400 мм, а высота поверхности сиденья должна регулироваться в пределах от 400 до 550 мм.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Дисплей должен располагаться так, чтобы изображение в любой его части было различимо без необходимости поднять или опустить голову.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, при этом должна быть возможность свободного перемещения ее.

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного и зрительного напряжения, сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие малоконтрастные оттенки, не рассеивающие внимание. Рекомендуются оттенки теплых тонов, которые возбуждают активность человека.

Аудитория 118 10 корпуса ТПУ удовлетворяет всем необходимым требованиям [17,18,19].

5.3 Производственная безопасность

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

воздействие которого в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

При работе на ПЭВМ на сотрудника действуют вредные факторы:

- физические – температура и влажность окружающего воздуха, освещенность рабочего места, шум, статическое электричество, наличие излучения, электромагнитное поле низкой частоты;
- психофизические – физические перегрузки статические и динамические, нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, эмоциональные перегрузки, монотонность труда).

При работе на ПЭВМ можно выделить опасный производственный фактор – поражение электрическим током.

Ниже приведены выявленные вредные и опасные факторы представлены опасные и вредные факторы, возникающие при работе с ПЭВМ 118 аудитории 10 корпуса ТПУ, а также меры защиты сотрудников от их воздействия.

5.3.1 Микроклимат

Параметры микроклимата могут меняться в широких пределах, в то время как необходимым условием жизнедеятельности человека является поддержание постоянства температуры тела благодаря терморегуляции, т.е. способности организма регулировать отдачу тепла в окружающую среду. Принцип нормирования микроклимата – создание оптимальных условий для теплообмена тела человека с окружающей средой.

Показателями, характеризующими микроклимат, являются: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения.

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении.

Оптимальные и допустимые значения температуры воздуха, влажности и скорости движения воздуха для категории работ 1а, которой является работа оператора, сотрудника, проводящего исследования с помощью ПЭВМ, приведены ниже в Таблице 5.1 [Таблица 1, 20].

Таблица 5.1 Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура, °С						Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая				оптимальная	Допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более	Оптимальная, не более	Допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных	
			Верхняя граница		Нижняя граница						
			На рабочих местах								
			постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных					
холодный	Легкая – 1а	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	Не более 0,1	
теплый	Легкая – 1а	23-25	28	30	22	20	40-60	55 (при 28°С)	0,1	0,1-0,2	

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относят: организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление. Вентиляция может осуществляться как естественным, так и механическим путем. В помещение должно поступать следующие объемы воздуха: при объеме помещения до 20 м³ на человека – не менее 30 м³/час на человека; при объеме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается использование только естественной вентиляции.

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 рассматриваемой аудитории регулируются системой центрального отопления, а также увлажнителем воздуха, имеют следующие значения: влажность – 50%, температура летом – 20-28°C, температура зимой – 18-26°C. В помещении используется естественная вентиляция, воздух поступает через окна, двери, щели окон. Основной недостаток такого вида вентиляции состоит в том, что воздух поступает в помещение без предварительных очистки и нагревания.

Аудитория 118 10 корпуса ТПУ соответствует требованиям [20].

5.3.2 Уровень шума

Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Сотрудники в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т.д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Длительное воздействие интенсивного шума (более 80 дБА) на слух человека приводит к его частичной или полной потере. [21]

Уровень шума на рабочем месте программистов и операторов не должен превышать 50дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах – 65дБА. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами. Уровень вибрации в помещениях вычислительных центров

может быть снижен путем установки оборудования на специальные виброизоляторы.

В 118 аудитории 10 корпуса уровни шума не превышают предельные значения [21].

5.3.3 Освещение

Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда, благотворно влияет на производственную среду, оказывает положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать сотрудника. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

Существует три вида освещения – естественное, искусственное и совмещенное.

Естественное освещение – освещение помещений дневным светом, проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях помещений. Данный вид освещения характеризуется тем, что меняется в широких пределах в зависимости от времени дня, времени года, характера области и ряда других факторов.

Искусственное освещение применяется при работе в темное время суток и днем, если не удастся обеспечить нормированные значения коэффициента

естественного освещения. Освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным, называется совмещенным освещением.

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное. Рабочее освещение, в свою очередь, может быть общим или комбинированным. Общее – освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно или применительно к расположению оборудования. Комбинированное – освещение, при котором к общему добавляется местное освещение.

Согласно [22] в помещения вычислительных центров необходимо применять систему комбинированного освещения. При выполнении работ категории высокой зрительной точности величина коэффициента естественного освещения (КЕО) должна быть не ниже 1,5%, а при зрительной работе средней точности КЕО должен быть не ниже 1,0%. В качестве источников искусственного освещения используются люминесцентные лампы типа ЛБ или ДРЛ, которые попарно объединяются в светильники, располагающиеся над рабочими поверхностями равномерно.

Кроме того, все поле зрения должно быть освещено достаточно равномерно – это основное гигиеническое требование. Иными словами, степень освещения помещения и яркость экрана компьютера должны быть примерно одинаковыми, т.к. яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости.

По нормативам [28] освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна

составлять не более 200 кд/м, защитный угол светильников должен быть не менее 40°. Коэффициент запаса (K_3) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4. Коэффициент пульсации не должен превышать 5 %.

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

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

Число светильников (n) для помещения рассчитывается:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot U \cdot m}, \quad (5.1)$$

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

S – площадь помещения, $S = 22$ м²;

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

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

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

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

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

Получаем:

$$n = \frac{300 \cdot 22 \cdot 1,2 \cdot 1,4}{1300 \cdot 0,6 \cdot 4} = 3,6 \approx 4.$$

Таким образом, минимальное количество светильников для 118 аудитории 10 корпуса составляет 4 шт.

В 118 аудитории расположено 10 светильников, что полностью удовлетворяет требованиям норм освещенности [23].

5.3.4 Электромагнитное и ионизирующее излучения

Считается, что кратковременное, а также длительное воздействие всех видов излучения от экрана монитора не опасно для здоровья персонала, работающего с ПЭВМ. Однако, исчерпывающих данных относительно опасности воздействия излучения от мониторов не существует и продолжаются исследования в этом направлении.

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера представлены ниже в Таблице 5.2. [23]

Таблица 5.2 – Временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для защиты от электромагнитных полей следует увеличить расстояние от источника, т.е. экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя. Также следует применять фильтры и другие средства индивидуальной защиты.

Можно выделить следующие виды фильтров от электромагнитных полей: стеклянные фильтры полной защиты, обеспечивающие ослабление

мощности электромагнитного излучения, например, фильтры Российского производства фирм «Русский щит» и «СИНКО»; спектральные компьютерные очки; специальная налобная повязка для частичной экранизации негативного энергоинформационного взаимодействия компьютерного излучения в диапазоне частот 5 Гц – 400 кГц.

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 конструкция ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы на расстоянии 50 см от экрана не более 100 мкР/ч.

Для снижения воздействия излучения рекомендуется применять мониторы с пониженным уровнем излучения, устанавливать защитные экраны, а также соблюдать регламентированные режимы труда и отдыха.

В процессе выполнения исследований соблюдаются все правила и нормы радиационной безопасности [30].

5.3.5 Психофизические факторы

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

Трудовая деятельность работников непроизводственной сферы относится к категории работ, связанных с использованием больших объемов информации, с применением компьютеризированных рабочих мест, с частым принятием ответственных решений в условиях дефицита времени, непосредственным контактом с людьми разных типов темперамента и т.д. Это

обуславливает высокий уровень нервно-психической перегрузки, снижает функциональных на активность центральной нервной системы, приводит к расстройствам в ее деятельности, развития утомления, переутомления, стрессу.

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха [23].

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

5.3.6 Электробезопасность

Рабочее помещение по опасности поражения электрическим током относится к 1 классу, т.е. это помещение без повышенной опасности из-за возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой [29].

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

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

Степень опасного воздействия электрического тока на организм человека зависит от:

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

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

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

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

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

Биологическое действие тока на живую ткань выражается в опасном возбуждении клеток и тканей организма, сопровождающемся произвольными судорожными сокращениями мышц. В результате такого возбуждения может возникнуть нарушение и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения [29].

Основными мероприятиями по защите от поражения электрическим током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путём использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;

- использование защитного заземления, защитного отключения
- использование устройств бесперебойного питания.

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

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

Внеплановый инструктаж проводится руководителем подразделения при введении в эксплуатацию нового технического электрооборудования [29].

5.4 Пожарная и взрывобезопасность

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д [24]. Категории помещений и зданий определяются, исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также, исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов.

Помещение, в котором выполняется данная работа, по степени взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории В (умеренная пожароопасность) [25].

Возможные причины возгорания:

- короткие замыкания в блоке питания;
- работа с открытой электроаппаратурой;

- неисправность токоведущих частей установок;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: двери, столы, изоляция кабелей и т.д.

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

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

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

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации и т.д.

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

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

- сообщить руководству (дежурному);
- позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС – тел. 112;
- принять меры по ликвидации аварии согласно инструкции [26].

5.5 Аварийные и чрезвычайные ситуации (АС и ЧС)

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, представляющего опасность для окружающих,

стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Есть два вида чрезвычайных ситуаций: техногенные и природные.

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

К опасностям несчастного случая относится внезапный и неуправляемый источник энергии: двигающийся предмет, неуправляемое движение или энергия [27].

Рассмотрим возможные аварийные и чрезвычайные ситуации в лаборатории, а именно:

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

АС и ЧС представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – АС и ЧС

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

5.6 Выводы по разделу

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

- шум [21];
- микроклимат [17,18,19,20];
- электробезопасность [29];
- ионизирующее излучение [30];
- освящение [23];
- пожаро- и взрывоопасность [26].

Было выяснено, что рассматриваемая лаборатория:

- относится к 1 классу по электробезопасности (до 1000 В) [29];
- относится к классу В «умеренно пожароопасный» по пожарно-взрывной безопасности [25].

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

Заключение

В результате выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. Проведен анализ экспериментальных данных измерения плотности потока бета-излучения в зимы 2011-2017 на экспериментальной площадке ТПУ-ТОРИИ. Обнаружено, что сезонные колебания радиационного фона связаны с формированием снежного покрова. Данное утверждение подтверждается результатами регрессионного анализа.

2. Проведено моделирование переноса радона в двухслойной системе «грунт – снег» в программе Wolfram Mathematica. Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными длительного мониторинга радиационного фона приповерхностной атмосферы, а также с известными литературными данными.

3. Разработана методика определения плотности снежного покрова. Методика подходит как для разовых измерений, так и для длительного мониторинга.

Для определения величины плотности снега необходимо рассчитать величину водного эквивалента по измеренной мощности бета-излучения и измеренной высоте снежного покрова.

Список публикаций

Чуприна А.Б., Чуприна А.В., Беляева И.В. Влияние метеорологических параметров на годовой тренд радиационного фона приземной атмосферы // Изотопы: технологии, материалы и применение: Материалы VII Международной научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов (25 октября - 28 октября 2021 г.) Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Графика, 2021. – С.68.

Чуприна А.Б., Яковлев Г.А., Беляева И.В. Моделирование поровой активности радона в системе «приповерхностный слой грунта – снежный покров» // Экология и безопасность жизнедеятельности. Сборник материалов Региональной научно-практической конференции студентов и школьников, 8 ноября 2022 г., Кемерово [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева»; редкол.: А.Ю. Игнатова (отв. ред.) [и др.]. – Кемерово, 2022. – С.54.1-54.4.

Список использованных источников

1. Снег. Справочник / Под ред. Д.М. Грея и Д.Х. Мэйла. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – С. 206.
2. Иванов А.В. Лесная метеорология. Метеорологические приборы и наблюдения: учебное пособие / А.В. Иванов. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2009. – С. 100.
3. Москвич Т.И. Микроволновое зондирование как метод оценки снегозапасов // Труды ГУ Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт – 2009. – № 153. – С. 25
4. 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.
5. Патент РФ № 2694080/C1, 9.07.2019. Яковлев Г.А., Яковлева В.С., Беяева И.В. Способ определения влагозапаса в снежном покрове Патент России № 2694080. Бюл. № 19.
6. В.С. Яковлева, В.Д. Каратаев, В.В. Зукау. Моделирование атмосферных полей γ - и β -излучений, формирующихся почвенными радионуклидами // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2011. № 1 (2). С. 65–74
7. Беспалов В.И. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 369 с
8. Яковлева В.С. Методы и приборы контроля полей α -, β -, γ -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
9. 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

10. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.eldoradoweather.com/current/misc/snow-to-water.html>, свободный.

11. 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.

12. 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.

13. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений: Справочник, 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1995. С. 423

14. Яковлева В.С. Методы измерения плотности потока радона и торона с поверхности пористых материалов: монография. - Томск: Изд-во ТПУ, 2011. С. 120, С. 144

15. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

16. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2011 №197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023)

17. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования

18. ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения

19. ГОСТ 21889-76 Система «человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования

20. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
21. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
22. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение
23. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы»
24. СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений
25. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
26. Пожаро-взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность
27. Кукин П.П. Безопасность технологических процессов и производств: учеб. Пособие / П.П. Кукин, В.Л. Лапин – М., Высшая школа, 1999 – С.318.
28. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий
29. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность [Текст]. – Введ. 1983-01-07. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 2 с.
30. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

Приложение Б
(обязательное)

Разделы

Introduction

1 Literature review

2 Instruments and measurement methods

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM13	Чуприна А.Б.		

Консультант школы отделения (НОЦ) ОИЯ ШБИП ТПУ

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

Introduction

Atmospheric radiation gamma and beta background began to be monitored since the middle of the 20th century, and it was connected, first of all, with the beginning of mass testing of nuclear weapons. Monitoring of radiation background is more relevant today than ever before. Data related to measurement of radiation background is widely available.

Research of both Russian and foreign scientists revealed that gamma and beta background decreases with the onset of winter period. However, earlier studies have generally shown that this decrease has a weak correlation with meteorological parameters such as temperature and pressure. A clear correlation was found between the value of the radiation background in the surface atmosphere with the height of the snow cover and the amount of precipitation, which is denoted as the water equivalent of snow cover (W).

The water equivalent of snow cover is an important characteristic for agriculture; its determination is an urgent regional task due to problems arising during spring flooding.

In connection with all of the above, the aim of this master's thesis is to study the characteristics of the snow cover based on the results of measurements of beta-radiation in the surface atmosphere.

The aim of the work determined the formulation and solution of the following tasks:

1. To make a literature analysis on the topic of research.
2. To conduct experimental research of dose rate change, TNF-radiation on an experimental platform.
3. To calculate the water equivalent of the snow cover based on the results of the study.
4. To compare the calculated data with meteorological observations.
5. To draw conclusions.

1 Literature review

1.1 Water equivalent of snow cover

Snow cover significantly affects climate, hydrology, soil formation processes, and plant growth and animal life. The economic activity of many regions is largely dependent on floods caused by snowmelt. Therefore, the task of estimating water reserves accumulated in snow cover is important.

At present, various methods, which are rather labor-intensive and discrete, are widely used to determine the characteristics of the snow cover, which makes it much more difficult to assess snow reserves promptly, especially when catastrophic floods develop. Since the snow cover attenuates the background beta-radiation from the underlying ground surface, a method was developed based on these indicators for determining an important characteristic of the snow cover - the water equivalent, which significantly correlates with the background beta-radiation [1].

Moisture content, or the snow water equivalent (SWE), is one of the main characteristics of the snow cover. It represents the amount of water contained in the snow cover. Its value should be understood as the amount of water that could theoretically be formed if the entire snow cover in question were to melt instantly.

To estimate the water equivalent, one must first know the height of the snow cover and the density of the snow. The density of fresh snow ranges from about 30 kg/m³ at an air temperature of -22.0°C to about 260 kg/m³ at a temperature of 4.8°C. It has been found that snow density increases after snowfall, due to gravitational precipitation, compaction by wind, melting, and recrystallization processes [1].

1.2 Methods for measuring snow cover characteristics, snow water equivalent

Snow cover surveys are daily observations of snow cover changes and periodic snow surveys to determine snow accumulation and water supply on elements of the natural landscape such as fields, forests, ravines, etc.

Daily snow cover observations cover the following characteristics:

- degree of snow coverage of the station vicinity;
- character of snow appearance on the ground;
- snow structure;
- height of snow cover at the meteorological site or at another selected site near the station.

When conducting snow surveys on each selected route, the characteristics listed below are monitored:

- snow depth (average value from a given number of measurements);
- snow density (average value from a given number of measurements);
- structure of the snow cover (e.g., the presence of layers of ice, water, and snow saturated with water);
- nature of the snow appearance on the route;
- degree of snow cover on the route;
- condition of the ground surface under the snow (frozen, melted).

The degree, nature of snow cover, and snow structure are evaluated by the researcher visually while inspecting the station vicinity in accordance with the adopted scales [1].

The snow cover height is determined based on measurements of the distance from the ground surface to the snow cover surface (the snow-atmosphere interface). Snow density is the ratio of the mass of a vertical column of snow to its volume. It should be understood that snow density does not include the density of snow saturated with water, the density of water under snow, and the density of the ice crust

located on the ground surface. The water content of the snow cover is calculated from the measured values of snow cover height, snow density values, and the accepted average values of the density of snow saturated with water, meltwater, and ice crust.

Measuring instruments include:

- snow measuring rod;
- weight snow gauge;
- ruler with the smallest division of 1 mm.

1.2.1 Method of determining the water equivalent of the snow cover using a sampler

There is a widely known method of determining the water equivalent of snow cover, which consists in measuring the mass of snow samples extracted from the studied snow cover using a weight snow sampler. The weight snow sampler [2] is a hollow cylinder, which for the purpose of measurement is vertically immersed in the snow until it contacts the soil. The cylinder filled with snow is taken out and weighed on special scales included in the snow gauge kit. The density of the snow is calculated from the weight obtained and the volume of the sample. With such a weight snow gauge, it is possible to immediately determine the moisture content in the snow cover (in m), and in addition, it is possible to calculate how much water (in tons or m³) 1 ha will receive from snow melting.

However, this method is labor-intensive. Since the inner surface of the sampler is difficult to clean from soil, vegetation residues, snow and moisture directly, the reliability of measurement results is generally reduced. In addition, when making mechanical measurements, some parts of the device can be lost and damaged.

1.2.2 Radiometric method of moisture content determination

A radiometric method of determining moisture content in snow [3] based on passive microwave probing is also known. It consists in determining the height of the snow cover and snow content by data measured by means of artificial Earth satellites in the microwave spectrum ($\lambda = 0.1 \div 30$ cm) through a passive radiometric system. This method makes it possible to fully perform mapping of the areas of snow occurrence, as well as to identify the state of the snow cover and, accordingly, to highlight the boundaries of the areas of simultaneous snow melting. Recognition of snow and ice cover consists in determining the radiation coefficients in the centimeter and millimeter ranges (in a wide measurement range), whereby the additional scattering created by the snow cover on the ground surface has a significant influence. The possibility of measuring the characteristics of the snow cover in the microwave range is caused by a significant difference in the values of the dielectric constant of wet and dry snow. The moisture content of the snow cover is determined from the snowpack, in parallel with estimating the snow height.

This method requires organizing additional trace measurements of the snow cover thickness or conducting measurements in representative reference points, which in general complicates the process of estimating the moisture content.

1.2.3 Radiation method of measuring moisture content

This method of determining the moisture content in the snow cover [4] is based on the dependence of the background beta radiation in the surface atmosphere on the snow moisture content. The method consists in measuring the number of gamma-radiation photons during aircraft flights at a height of 20-100 m on the planned route grid. The change in moisture content of the snow cover during the time between two flights is determined by the expression:

$$\Delta P = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{I_1}{I_2}, (1.1)$$

where ΔP is the change in moisture content of the snow cover between two flights;

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

α - coefficient characterizing spectral characteristics of radiation.

The need to use aviation represents the main difficulty of this method.

1.2.4 Method of estimating the water equivalent of the snow cover according to the results of beta background monitoring.

This method is also based on measuring ionizing radiation above the snow cover. Measurement of beta-radiation flux density is performed before the beginning of snow cover melting, during the daytime, and not earlier than 3.5 hours after snowfall. The moisture content in the snow cover is determined by the formula:

$$W = \frac{\ln(P_{\beta 2}^z(W=0)/P_{\beta 1}^z)}{\rho_B \cdot \mu_m}, \quad (1.2)$$

where W is the moisture content in the snow cover, m;

$P_{\beta 1}^z$ is the beta flux density measured at height z from the ground surface in the presence of the snow cover in question, $1/(m^2 \cdot s)$;

$P_{\beta 2}^z(W=0)$ - secondary beta-radiation flux density, created by radionuclides contained in the ground, at height z from the ground surface in the absence of snow cover, $1/(m^2 \cdot s)$;

ρ_B - water density, kg/m^3 ;

μ_m - mass attenuation coefficient of radiation, m^2/kg .

It is known that during the periods of the year when there is no snow cover, the total beta-radiation flux density in the surface atmosphere is composed of the following components: beta radiation from radionuclides contained in the ground; secondary beta radiation generated by the interaction of gamma radiation from soil radionuclides with the atmosphere [6]; secondary beta radiation generated by the interaction of cosmic radiation with the atmosphere; and beta radiation from short-lived daughter decay products of radon isotopes contained in the atmosphere [8].

In winter, snow cover, which is more than 0.1 m thick, completely absorbs beta radiation from radionuclides contained in the ground [13], so the first component does not need to be considered. The contribution of cosmic radiation to

the total beta background of the surface atmosphere at heights up to 50 m from the Earth's surface is about 1% [6], so the third component can also be neglected.

A quantitative characteristic of the intensity of turbulent mixing in the near ground atmosphere is the turbulence coefficient, and with a small turbulence coefficient the beta-radiation of short-lived daughter radon decay products contained in the near ground atmosphere may contribute significantly (up to 30%) to the total beta background [8]. Conducting measurements at the time of the day when the intensity of turbulent mixing in the near ground atmosphere is maximal allows reducing this contribution to units of %. The maximum turbulence coefficient is observed in the daytime hours. In winter, the density of radon flux from the ground into the atmosphere decreases on average 2-3 times [14], which leads to a corresponding decrease in the average content of radon and daughter beta-, gamma-emitting products of its decay in the atmosphere. Therefore, the contribution of the fourth component of the total density of beta-radiation flux in the near ground atmosphere can be neglected.

The indicated method of determining the moisture content in the snow cover is simple, as it is sufficient to make only one measurement of the beta-radiation flux density.

The method is suitable both for monitoring the moisture content in the snow cover and for single measurements. During monitoring, a beta-radiation detection unit is used, working, respectively, in the monitoring mode.

1.3 Chapter Conclusion

This chapter discusses the main characteristics of the snow cover and presents methods of estimating the water equivalent of the snow cover.

2 Instruments and measurement methods

2.1 Instruments for beta measurements and subsequent determination of the water equivalent of snow cover

There are several types of dosimeters and dosimeter-radiometers for a number of measurements of beta radiation dose rate. One of the most user-friendly is the dosimeter-radiometer DRBP-03.

Dosimeter-radiometer DRBP-03 is designed to measure the dose rate and dose equivalent of ionizing photon (X-ray and γ) radiation, flux density of α -, β -particles.

Dosimeters/radiometers are used for operational dosimetry control of radiation environment, drawing radiation maps of the area and the study of radiation anomalies, to detect contamination of clothing, walls, floors, etc.

In terms of resistance to climatic and mechanical effects during operation, dosimeters/radiometers belong to version group B3 GOST 12997-84: Type of climatic version C3 GOST 12997-84.

Operating conditions for dosimeters/radiometers:

- ambient temperature from -20 to +50 °C;
- relative humidity up to 95% at 35 °C;
- atmospheric pressure of 84-106,7 kPa;
- allowed for use in rooms with poor lighting and in the dark.

The dosimeter/radiometer consists of a measuring unit and interchangeable detector units BDBA-02, BDG-01. Depending on the detector unit used (hereinafter "unit") the dosimeter/radiometer measures ionizing radiation whose type, energy range and measured value are listed in Table 1.1. Figure 1.1 shows the general appearance of the instrument.

Table 1.1 - Characteristics of dosimeter-radiometer DRBP-03

No.	Type of ionizing radiation, measured value	Energy range of measured radiation or nuclide	Type of unit
1.	alpha radiation		
1.1.	Alpha-particle flux density	Pu ²³⁹	BDBA-02
2.	Beta radiation		
2.1.	Beta-particle flux density	from 0.15 to 3.5 MeV	BDBA-02
3.	X-rays and gamma-rays		
3.1.	Exposure rate	from 0.15 to 3.5 MeV	Remote, BDG-01
3.2.	Exposure dose	from 0.05 to 3.0 MeV	Remote control unit



Figure 1.1 - Dosimeter-radiometer DRBP-03

Detection unit of beta radiation BDPB-01.

Highly sensitive scintillation intelligent detection unit is designed to measure the flux density of beta particles from contaminated surfaces in the range from 1 ppm/(min·cm²).

Applications include:

- radioecology;
- sanitary and epidemiological surveillance;

- nuclear industry;
- fire departments;
- emergency services;
- civil defense;
- scientific research.

Features of BDPB-01:

- high sensitivity and wide range;
- rapid adaptation to changes in the radiation field;
- search for beta radiation sources;
- intelligent detection unit (RS232 interface);
- built-in LED stabilization system;
- ability to work in a wide temperature range in the field (IP64);
- storage in non-volatile memory of the instrument and transfer to PC up to 500 measured spectra of dose ambient equivalent power in reservoirs and wells.

The main technical characteristics of BDPB-01 are given in Table 1.2, and the general appearance of the instrument is presented in Figure 1.2.

Table 1.2 - Technical specifications BDPB-01

Detector	plastic, ø60 mm.
Measurement range of beta-particle flux density from the surface, particles/(min·cm ²)	1 - 5·10 ⁵
Measuring range of ⁹⁰ Sr+ ⁹⁰ Y beta particle fluence, cm ⁻²	1 - 3·10 ⁶
Measuring range of ⁹⁰ Sr+ ⁹⁰ Y surface activity, Bq·cm ⁻²	4.4·10 ⁻² – 2.2·10 ⁴
Energy range of detected beta particles	155 keV – 3.5 MeV
Basic error of measurement, %	
- in the range 1 - 5 particles/(min·cm ²)	±50
- in the range 5 - 5·10 ⁵ particles/(min·cm ²)	±20
Operating temperature range, °C	-30.....+50



Figure 2 - Detection unit BDPB-01

2.2 Chapter Conclusion

This section describes the most appropriate instruments for measuring beta background power whose data are needed to determine SWE.