

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование влияния характеристик дождевых осадков на характер аномалий радиационного фона атмосферы.

УДК 551.577:551.510.7:539.163

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A4A	Кондратьева Вероника Сергеевна		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Меньшикова Е.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

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

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

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

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.03.02 Ядерная физика и технологии

Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ 23.04.2018 Бычков П.Н.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа

Студенту:

Группа	ФИО
0А4А	Кондратьева Вероника Сергеевна

Тема работы:

Исследование влияния характеристик дождевых осадков на характер аномалий радиационного фона атмосферы.
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1) Данные мониторинга, 2) Результаты предыдущих исследований В ТПУ, 3) Данные сайта «Гисметео».
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) Обзор литературы по теме; 2) Моделирование пространственной (в вертикальном направлении) и временной динамики мощности дозы γ -излучения, формируемой в приземной атмосфере во время выпадения дождевых осадков, при разных значениях высоты дождевых облаков, плотности и турбулентности атмосферы; 3) Оценка вкладов каждого атмосферного радионуклида в суммарную мощность дозы; 4) Расчет интенсивности дождевых осадков с использованием запатентованного в РФ метода GammaRain по измеренному γ -фону; 5) Сопоставление расчётных и экспериментальных данных, полученных с помощью челночного осадкомера; 6) Анализ результатов и выводы; 7) Финансовый менеджмент. 8) Социальная ответственность.

	9) Заключение.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Е.В.
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:	
Введение	
Обзор литературы	
Провести эксперимент и анализ результатов измерений	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Кондратьева Вероника Сергеевна		

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

Период выполнения весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:
--

13.06.2018

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
14.03.18	Составление и утверждение технического задания	
16.03.18	Подбор и изучение материалов по теме	
21.04.18	Проведение моделирования	
10.05.18	Получение данных мониторинга	
07.06.18	Анализ и описание результатов	
13.06.18	Подготовка к защите ВКР	

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
0A4A	Кондратьева Вероника Сергеевна

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ЯТЦ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Радиационная безопасность окружающей среды

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	— Заработная плата – 46170 руб.; — Отчисления во внебюджетные фонды – 12512 руб.; — Накладные расходы – 7387руб.; — Бюджет затрат – 67000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тариф на электроэнергию – 5,8 руб. за 1 кВт·ч.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 27,1 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Иерархическая структура работ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	SWOT-анализ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A4A	Кондратьева Вероника Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А4А	Кондратьевой Вероники Сергеевны

Школа	ИШЯТ	Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии / Радиационная безопасность человека и окружающей среды

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:	– вредных факторов производственной среды: повышенный уровень электромагнитных полей, отклонение показателей микроклимата от оптимальных, ионизирующее излучение, шум, вибрация. – опасных факторов производственной среды: вероятность возникновения пожара, вероятность поражения электрическим током.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	– электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность; – требования охраны труда при работе на ПЭВМ;

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Кондратьева Вероника Сергеевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 79 страниц, 21 рисунок, 17 таблиц, 26 источников.

Ключевые слова: γ -излучение, дождевые осадки, интенсивность осадков, радон, приземный слой атмосферы.

Объектом исследования являются γ -фон приземной атмосферы.

Цель работы – исследовать связь между величиной аномального всплеска мощности дозы γ -излучения во время осадков и характеристиками дождевых осадков.

В ходе исследования было произведено моделирование пространственной (в вертикальном направлении) и временной динамики мощности дозы γ -излучения, формируемой в приземной атмосфере во время выпадения дождевых осадков. Произведен анализ зависимости мощности дозы γ -излучения от высоты дождевых облаков, плотности и турбулентности атмосферы. Для этого были рассчитаны распределения по высоте объемной активности короткоживущих дочерних продуктов распада радона и торона при различном состоянии атмосферы. Проведена оценка вкладов каждого атмосферного радионуклида в суммарную мощность дозы при различных коэффициентах турбулентной диффузии и высоты нижней кромки дождевых облаков. Выявлены радионуклиды, вносящие основной вклад в суммарный γ -фон. С использованием запатентованного в РФ метода GammaRain определения интенсивности осадков по измеренной мощности дозы γ -излучения была произведена проверка рассчитанных значений и динамики интенсивности дождевых осадков с экспериментальными данными, полученными с помощью челночного осадкомера. Была получена хорошая сходимость расчетных и экспериментальных результатов.

Область применения: метеорология, радиационная безопасность, геофизика.

Значимость работы: Разработанный метод определения интенсивности осадков по гамма-фону может быть полезен в различных областях науки и

практики, в радиоэкологии и радиобиологии для более точной оценки влияния малых доз радиации на население, в геофизике и физике атмосферы при уточнении коэффициентов моделей газообмена а системе «литосфера-атмосфера», при расшифровке данных радиационного мониторинга с целью прогноза землетрясений и пр.

Обозначения и сокращения

ДПР – Дочерние продукты распада

ОА – Объемная активность

ЭРОА – Эквивалентная равновесная объемная активность

ИИ – Ионизирующие излучение

ПП – плотность потока

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

ТОРИИ – Томская обсерватория радиоактивности и ионизирующих
излучений

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	15
Глава 1. Обзор литературы по теме.....	17
1.1 Естественный радиационный фон атмосферы.....	17
1.2 Вымывание радона, тарона и их ДПР дождевыми осадками	18
1.3 Заключение по первой главе	21
Глава 2 Методы измерения интенсивности дождевых осадков	23
2.1 Плувиограф	23
2.2 Осадкомер с секционной обмоткой с распределенной емкостью	24
2.3 Оптико-акустико-электронный прибор	24
2.4 Челночный осадкомер	25
2.5 Радиолокационное зондирование атмосферы.....	26
2.6 Проведение нескольких циклов измерения.....	26
2.7 Метод GammaRain	27
2.8 Заключение по главе	28
Глава 3 Моделирование.....	29
3.1 Выбор радионуклидов	29
3.2 Моделирование атмосферных полей γ -излучений	30
3.2 Влияние состояния атмосферы на среднее значение ОА ДПР	36
3.3 Экспериментальное подтверждение метода GammaRain	40
3.4 Заключение по главе 3	43
Глава 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	44
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	44

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	44
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	44
4.1.3 SWOT-анализ.....	46
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	48
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	51
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	52
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	55
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	60
Глава 5 Социальная ответственность.....	63
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	64
5.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ	65
5.2.1 Организационные мероприятия.....	65
5.2.2 Технические мероприятия.....	66
5.3 Условия безопасной работы.....	68
5.4 Электробезопасность	71
5.5 Пожарная и взрывная безопасность	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
Список литературы	77

ВВЕДЕНИЕ

Во всём мире непрерывно ведется мониторинг радиационного фона приземного слоя атмосферы, как в научных целях, так и в целях радиационного контроля. Его величина не является постоянной и зависит от различных факторов, например, таких, как состояние атмосферы, время суток, сезон года и географическое положение региона.

К одним из главных составляющих радиационного фона атмосферы относятся почвенные радиоактивные газы и атмосферные радионуклиды. Они являются отличными трассерами различных атмосферных и геофизических процессов. Поэтому, представляют большой интерес, и активно изучаются учеными разных стран [1].

Например, вышедший из почвы радон в ночное время суток, в основном, остается около поверхности земли, что способствует увеличению фонового излучения в атмосфере. Тогда как при дневном свете воздух нагревается, увеличивается турбулентность атмосферы и концентрация радона у земной поверхности снижается, в следствии чего снижается и фоновое излучение атмосферы [2].

Увеличение радиационного фона наблюдается и при выпадении дождевых осадков. Это явление объясняется вымыванием короткоживущих ДПР радона и торона из атмосферы. Ученными ТПУ и ИМКЭС был разработан способ, названный методом GammaRain, связывающий интенсивность дождевых осадков и мощность дозы γ -гамма излучения. Во время разработки данного метода отсутствовали подробные данные с хорошим временным разрешением о динамике интенсивности осадков, имелись только данные Росгидромета о количестве осадков, собираемых и фиксируемых в отчетах каждые 12 часов. После установки челночного осадкомера на экспериментальной площадке ТОРИИ появилась возможность вариаций метода GammaRain.

Вышесказанное позволило определить цель и задачи настоящей работы.

Цель работы: Исследование связи между величиной всплеска мощности дозы γ -излучения и интенсивностью дождевых осадков.

Задачи:

1. обзор литературы по теме;
2. моделирование пространственной (в вертикальном направлении) и временной динамики мощности дозы γ -излучения, формируемой в приземной атмосфере во время выпадения дождевых осадков, при разных значениях высоты дождевых облаков, плотности и турбулентности атмосферы;
3. оценка вкладов каждого атмосферного радионуклида в суммарную мощность дозы;
4. расчет интенсивности дождевых осадков с использованием запатентованного в РФ метода GammaRain по измеренному γ -фону;
5. сопоставление расчётных и экспериментальных данных, полученных с помощью челночного осадкомера;
6. анализ результатов и выводы.

Глава 1. Обзор литературы по теме

1.1 Естественный радиационный фон атмосферы

Радиоактивность атмосферы зависит от приземного слоя воздуха, в котором находятся радионуклиды космогенного и земного происхождения и проходят различные процессы поступления радионуклидов на земную поверхность, в водную среду и в живые организмы.

Естественный фон атмосферы определяется космическим излучением и излучением радиоактивных веществ в воздухе и почве.

Большое количество рассеянных радионуклидов, к которым относятся радон, торон и их ДПР, находятся в грунте. Их поступление в атмосферу связано с молекулярной и турбулентной диффузией. Можно утверждать, что дозу в воздухе в основном определяет фоновое излучение продуктов распада радона [3].

Родона начальниками радона и тарона являются радионуклиды U^{238} и Th^{232} (Рис. 1.1).

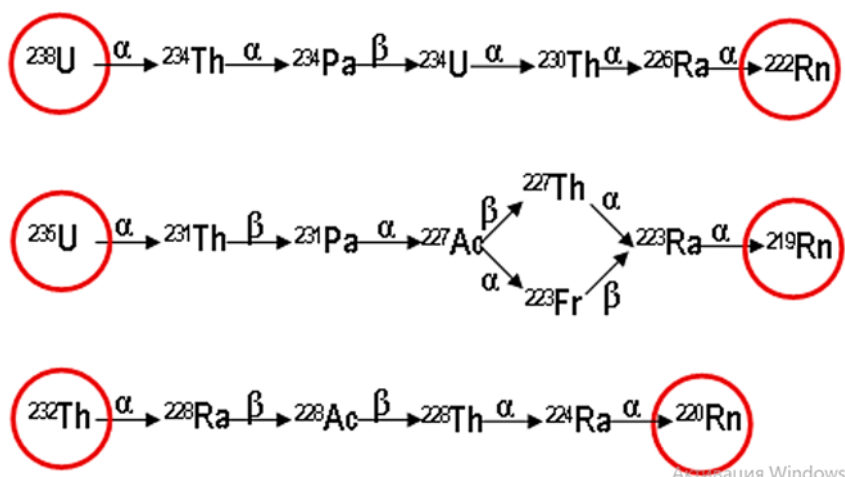


Рисунок 1.1 – Ряды природных радиоактивных семейств до образования радона [4]

. В толщах земли и воды рассеян почти весь радон. По приблизительным подсчетам в верхнем слое земной коры, на глубине 1,6 километров, находится почти 115 тонн радона. Содержание радона в атмосфере намного меньше, по

равнению с земной корой, всего 4,6 килограмма. Радон содержится почти во всем, что нас окружает: в водах океанов и рек, недрах земной коры, почве, природных газах и даже в человеке. Единственное место, где практически отсутствует радон – это воздух и ледники Антарктиды.

Торон же в свою очередь находится в небольших количествах в атмосферном воздухе [4].

1.2 Вымывание радона, торона и их ДПР дождевыми осадками

На рисунке 1.2 представлена иллюстрация процесса вымывания дождевыми осадками ДПР радона и торона.

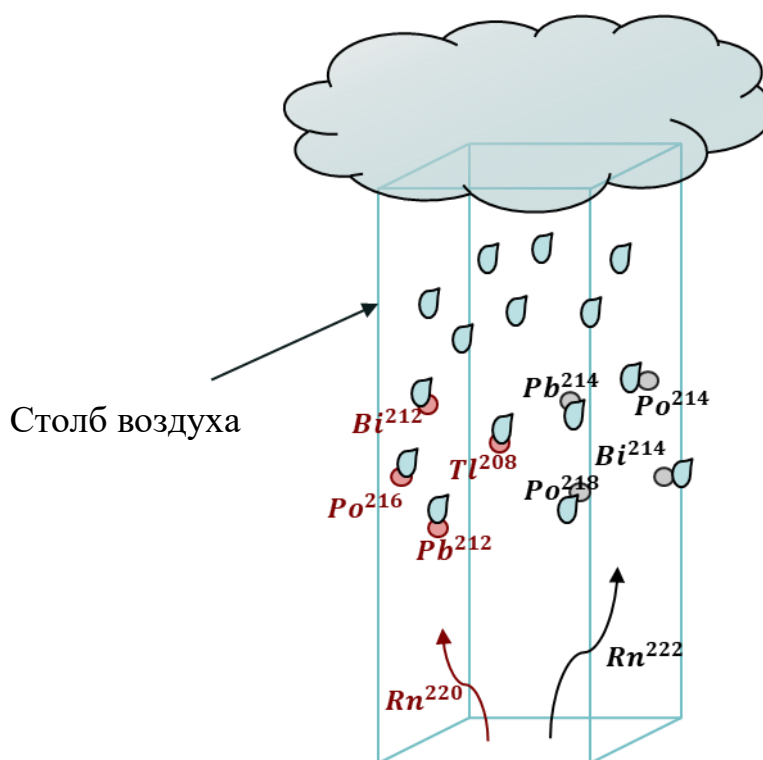


Рисунок 1.2 – Иллюстрация вымывания ДПР радона и торона дождевыми осадками

Из почвы посредством молекулярной и турбулентной диффузии радиоактивные газы радон и торон поступают в атмосферу. Находясь в атмосфере, они испытывают радиоактивный распад и их ДПР попадают в воздух. Вследствие этого образуются радиоактивные аэрозоли, то есть аэрозоли, в состав которых входят частицы, полностью или частично состоящие из радионуклидов,

которые либо входят в материал частиц, либо присоединяются к неактивным частицам.

При выпадении дождевых осадков радиоактивные аэрозоли вместе с каплями воды оседают на поверхности земли. Таким образом можно сказать, что характеристики переноса продуктов распада радона и торона в приземной атмосфере сильно зависят от их физического состояния, а также от состояния и изменчивости приземной атмосферы, литосферы и факторов космической погоды.

Процесс вымывания ДПР радона и тарона способствует аномальным всплескам мощности дозы излучения и чем больше интенсивность дождевых осадков, тем больше возрастает мощность дозы [5].

Влияние осадков на радиационный фон атмосферы исследуется учеными разных стран.

Зависимость возрастания γ -фона от различных осадков обнаружена в низких широтах тропической зоны [6].

На урановом руднике Рейнджер в Австралии факторами, влияющими на γ -фон атмосферы, стали влажность и пористость почвы, так как с увеличением влажности почвы, в следствии выпадения осадков, увеличивался выход радона, а значит и фон приземной атмосферы [7].

Наблюдения γ -фона в приземном слое атмосферы Арктических областей также подтверждают влияния осадков, таких как дождь или снегопад, на возрастание γ . Причиной данного эффекта в этих областях является тормозное рентгеновское излучение энергичных электронов, ускоренных электрическими полями внутри дождевых (снеговых) облаков, так как в γ -фоне в период возрастаний не обнаружено характерных линий каких-либо радионуклидов и в дождевой воде отсутствовали радионуклиды. Хотя нужно не забывать о короткоживущих атмосферных радионуклидах, которые трудно обнаружить, так как они способны значительно распасться за время пробоподготовки [8]. Так, в Ок-Риджской лаборатории было установлено, что именно короткоживущие

радионуклиды вносят основной вклад в увеличение γ -фона приземной атмосферы [9].

Под вопросом связь между выпадением осадков и увеличения радиационного фона в атмосфере поставили ученые из Великобритании, которые после исследования этой зависимости на различных станциях не смогли определить, влияют выпавшие осадки на увеличение фона или воздушные массы, переносящие потоки радона. Тем более, что после истечения 1 – 2 часов радиационный фон приземной атмосферы снова уменьшался [10]. Скорее всего не были учтены короткоживущие ДПР радона, так как период полураспада таких ядер меньше одного часа.

На поверхности земли увеличивается и число космогенных радионуклидов в период осадков, таких как ^7Be , которые могут способствовать увеличению радиоактивности приземной атмосферы. В Японии с 1991 года исследуется увеличение количества ^7Be и ^{214}Pb на поверхности земли. Это происходит зимой и летом в период выпадения осадков. Было обнаружено, что это явление имеет не временный, а стационарный характер [11]. Подобные исследования, проведенные в Испании, также подтверждают увеличение количества этих радионуклидов в период выпадения осадков.

Стоит заметить, что и космогенная компонента излучения так же зависит от выпадения осадков и увеличивает γ -фон приземной атмосферы [6].

Таким образом влияние дождевых осадков неоднократно подтверждалось исследованиями и ряд ученых отметили, что осадки играют важную роль в изменениях атмосферного γ -излучения в течение одного дня и вызывают кратковременные резкие увеличения (всплески) некоторых характеристик полей γ -излучения на десятки и даже сотни процентов.

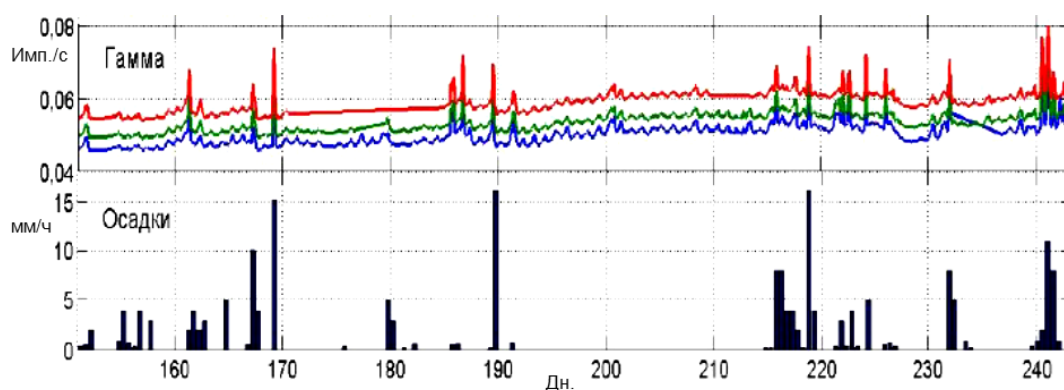


Рисунок 1.3 – Зависимость количества выпавших осадков и мощности дозы γ -излучения от времени (лето 2013 года)

Для описания этого феномена за рубежом даже придумали специальный термин «radon washout» (вымывание радона), означающий вымывание γ – излучающих ДПР радона и торона осадками на земную поверхность [12]. Ученными ТПУ также проводились сезонные исследования данного эффекта и были замечены всплески γ -излучения во время выпадения осадков. Измерения проводились на разных высотах от 10 см до 25 м. Время существования эффекта длится от нескольких единиц часов до полусуток.

Также было проведено подробное рассмотрение и анализ данных 2009-2011 гг. на присутствие всплесков во время выпадения осадков. При анализе было замечено, что наилучшая зависимость всплесков мощности дозы гамма – излучения с временем выпадения осадков наблюдается в летний сезон года.

1.3 Заключение по первой главе

Основной вклад в радиационный фон приземного слоя атмосферы вносит естественный фон, включающий в себя почвенные и атмосферные радионуклиды.

Увеличение γ -фона приземного слоя атмосферы происходит в момент выпадения дождевых осадков, что объясняется вымыванием ДПР радона и торона.

Попадание ДПР в атмосферу обусловлено радиоактивным распадом, находящихся в атмосфере радона и торона, проникающих посредством турбулентной и молекулярной диффузии в воздух.

.

Глава 2 Методы измерения интенсивности дождевых осадков

Под интенсивностью дождевых осадков понимают слой осадков, выпадающих в единицу времени. Существует много различных приборов, позволяющих измерить интенсивность дождевых осадков. Но, как и у всех приборов, имеются недостатки, связанные с техническим исполнением и со способ измерения интенсивности, влияющими на результат.

2.1 Плювиограф

Одним из приборов, меряющих интенсивность дождевых осадков, является плювиограф.

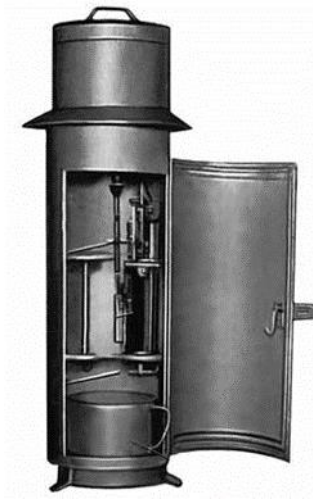


Рисунок 1.4 – Плювиограф [13]

Плювиограф состоит из осадкосборной камеры с приемной воронкой, сифон и поплавков, связанный с регистратором и узлом принудительного начала слива. Узел принудительного начала слива выполнен в виде опрокидывающейся емкости, установленной на поворотной оси, и упора, жестко связанного с осадкосборной камерой, поплавок жестко прикреплен к днищу опрокидывающейся емкости, а центр тяжести поплавка и упор расположены по разные стороны поворотной оси.

Каждый поворот ("кувырок") этой емкости регистрируется на диаграмме. По плотности расположения прочерченной диаграммы за определенный

промежуток времени судят о суммарном количестве и интенсивности поступающей жидкости через приемную воронку.

Но при использовании плювиографа не известно время начала дождя, то есть. время начала заполнения опрокидывающейся емкости не фиксируется на прочерченной диаграмме, а фиксируется только время слива первой порции опрокидывающейся емкости, таким образом, точное время начала дождя не известно, что может привести к увеличению погрешности определения интенсивности осадков и снижению достоверности результата измерения;

Использование большого количества механических и кинематических звеньев приводит к снижению надежности способа и срока службы.

2.2 Осадкомер с секционной обмоткой с распределенной емкостью

Известен способ определения интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы с помощью осадкомера, содержащего секционную обмотку с распределенной емкостью, образованной двумя изолированными проводниками, омическое сопротивление которых зависит от температуры, а также блок обработки сигнала и регистратор. Под действием атмосферных осадков, попадающих внутрь обмотки, происходит изменение емкости конденсатора, которое преобразуется в последовательность электрических импульсов, частота следования которых пропорциональна интенсивности осадков.

Основным недостатком такого способа является высокая погрешность измерений интенсивности осадков, поскольку она определяется только по переменной частоте следования электрических импульсов равной длительности, и не зависит от размеров капель.

2.3 Оптико-акустико-электронный прибор

Определение интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы можно осуществить с помощью оптико-акустико-электронного прибора, в котором происходит преобразование количества капель осадков в

количество электрических импульсов за счет прерывания каплями луча лазера, а также преобразование звукового сигнала с помощью мембраны и микрофона в электрический сигнал.

Основные недостатки такого способа:

- низкая надежность вследствие помутнения оптики при продолжительном попадании на нее осадков;
- влияние случайных шумов приводит к увеличению погрешности определения интенсивности осадков;
- сложность измерительных блоков и энергоемкость электропитания с различными напряжениями.

2.4 Челночный осадкомер

Осадкомеры челночного типа работают по принципу челнока. Они подразумевают наличие сливного отверстия внизу емкости, собирающей осадки. Через это маленькое отверстие вода по каплям падает в емкость (ковшик, ложку), которая при наполнении опрокидывается, и вода сливается из прибора на землю. Пустой ковшик возвращается в исходное состояние с помощью магнита-геркона.

Иногда, в приборе стоят два спаренных перегородкой ковшика, один из которых, наполнившись падает на один бок для слива, подставляя за счет своего веса под отверстие второй ковш. При наполнении второго ковша, тот в свою очередь падает на другой бок, освобождая место первому. Движение ложек – ковшей напоминает ход челнока или качелей, отчего данный механизм и получил название челночный или качельный. Емкость ложки – ковша известна, а каждое опрокидывание означает слив определенного количества измеренных атмосферных осадков. Таким образом, зная количество опрокидываний, легко можно вычислить количество осадков. Также, как и другие приборы челночный осадкомер имеет ряд недостатков:

- не фиксируется время начала дождевых осадков;
- влияние случайных шумов приводит к увеличению погрешности определения интенсивности осадков;

– размагничивание магнитного устройства приводит к погрешности измерения.

2.5 Радиолокационное зондирование атмосферы

Способ определения интенсивности дождевых осадков, включающий радиолокационное зондирование атмосферы с последующей идентификацией типа облачности по известным критериям и определение искомых параметров осадков с использованием корреляционных функций и данных радиолокационной отражаемости облаков.

На контролируемой территории выделяют по меньшей мере одну контрольную зону с повышенной вероятностью выпадения осадков и размещают на ней осадкомерную станцию. С помощью данной станции для различных типов облачностей, перемещающихся над ней, производят измерения осадков, при этом одновременно осуществляют радиолокационное зондирование облачности над станцией и находят соответствующие полученным осадкам уровни радиолокационной отражаемости. Используя полученные данные, осуществляют калибровку радиолокационной станции, и, затем соответствующие радиолокационные измерения осадков на контролируемой территории.

Основным недостатком данного способа является то, что для каждого случая осадков необходимо определять свои коэффициенты, которые зависят от спектра капель, вида и микроструктуры осадков, а также орографических особенностей.

2.6 Проведение нескольких циклов измерения

Известен способ определения интенсивности дождевых осадков, основанный на проведении n -циклов измерений, каждый из которых включает накопление осадков за время τ_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), с, в приемнике с входным отверстием, определение приращения m_i их массы и значения интенсивности R_i , мм/ч (м/с). Между режимами накопления выдерживают паузы,

продолжительность каждой из которых не менее чем время успокоения измерителя массы. Значение приращения m_i накопленной массы осадков измеряют во время соответствующей паузы.

Недостатки данного способа:

– достоверно не известно время начала дождя, поскольку в этом способе задается время накопления осадков в первом цикле на основании визуальной оценки метеорологической обстановки. Если дождь выпадает в не рабочее время, то проведение визуальной оценки невозможно. При установлении малого времени накопления в случае выпадения высокоинтенсивных осадков излишние осадки могут выливаться из измерительной камеры. И, наоборот, при установлении большого времени накопления в первом цикле при низкоинтенсивных осадках достоверно определить время начала дождя невозможно. Все указанные возможные случаи могут привести к увеличению погрешности определения интенсивности осадков и снижению достоверности результата измерения;

– использование большого количества механических и кинематических звеньев приводит к снижению надежности способа и срока службы.

2.7 Метод GammaRain

Как уже было сказано ранее, учеными ТПУ был изобретен способ определения интенсивности дождевых осадков по измеренной мощности дозы γ -излучения.

Главными достоинствами этого способа является его простота, достоверность и надежность.

Способ определения интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы заключается в том, что в период выпадения дождевых осадков производят непрерывные измерения мощности дозы γ -излучения на высоте от 1 м от земной поверхности с тактом не менее 1 измерения за 60 с, затем определяют время нарастания t_{end} мощности дозы γ -излучения до ее

максимального значения H_{end} , а интенсивность дождевых осадков в приземном слое атмосферы определяют из выражения:

$$I = \frac{H_{end} - H_0}{t_{end} \cdot k \cdot (H_{Pb-214} \cdot A_{Pb-214} + H_{Bi-214} \cdot A_{Bi-214})} \quad (1)$$

где:

I – интенсивность дождевых осадков, м/с;

H_{end} – измеренное значение мощности дозы гамма-излучения в момент времени t_{end} , Зв/с;

t_{end} – время нарастания мощности дозы гамма-излучения до ее максимального значения H_{end} , с;

H_0 – измеренное фоновое значение мощности дозы гамма-излучения до начала дождевых осадков, Зв/с;

k – коэффициент абсолютной вымывающей способности дождя, равный 36,0, 1/м (10^{-5} ч/(мм·с)) [14];

H_{end} и H_0 – значения мощности дозы гамма – излучения на высоте ее измерения, создаваемые короткоживущими продуктами распада радона ^{214}Pb и ^{214}Bi , осажденными на земную поверхность дождевыми осадками, (Зв/с)/(Бк/м³);

A_{Pb-214} и A_{Bi-214} – средние значения объемных активностей короткоживущих продуктов распада радона ^{214}Pb и ^{214}Bi в приземной атмосфере, Бк/м³ [13]..

2.8 Заключение по главе

При разработке метода значения мощности доза γ - излучения и объемной активности учитывались только для двух радионуклидов. Предполагается возможность влияния и других радионуклидов, входящих в цепочку радиоактивного распада радона и торона. Поэтому возникает необходимость исследования трёх других радионуклидов, для проверки их влияния на мощность дозы γ - излучения приземного слоя атмосферы при выпадении дождевых осадков.

Глава 3 Моделирование

Для восстановления интенсивности разработанным методом GammaRain потребовалось определить радионуклиды, вносящие наибольший вклад в мощность дозы γ -излучения, для чего были смоделированы пространственная (в вертикальном направлении) и временная динамики мощности дозы γ -излучения, формируемой в приземной атмосфере во время выпадения дождевых осадков, с учетом разных значениях высоты дождевых облаков, плотности и турбулентности атмосферы.

3.1 Выбор радионуклидов

Для дальнейшего исследования влияния осадков на γ -фон было определено, какие ДПР изотопов радона вносят наибольший вклад в атмосферный γ -фон.

Испуская α – частицы, изотопы радона превращаются в твердые радиоактивные изотопы, уже не имеющие отношения к группе инертных газов (Рис. 3.1).

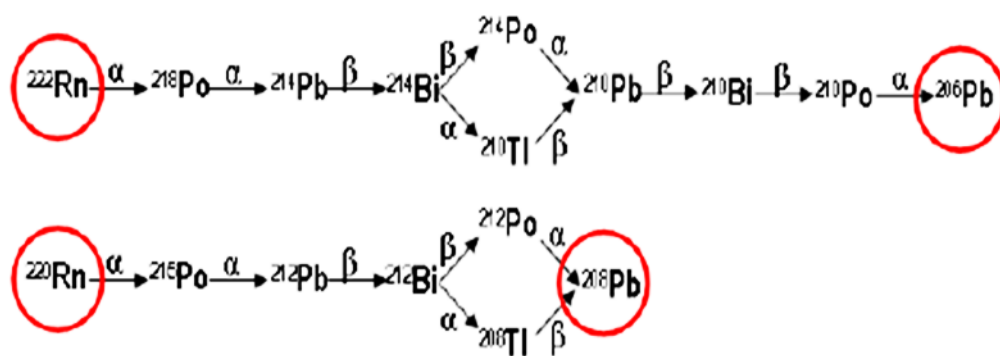


Рисунок 3.1 – Цепочки распада изотопов радона [4]

Выборка производилась на основе ядерно-физических характеристик радона, торона и короткоживущих продуктов их распада (Табл. 3.1). Внимание было обращено на такие характеристики, как вид излучения, период полураспада и выход излучения на один распад [15].

Таблица 3.1 Ядерно–физические характеристики радионуклидов [4]

ИСТОЧНИК	ПЕРИОД ПОЛУРАСПАДА	ВИД ИЗЛУЧЕНИЯ	ВЫХОД ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОДИН РАСПАД	ЭНЕРГИЯ (МЭВ)
Pb^{214}	26,8МИН	β	1,622	1,024
		γ	1,025	0,352
Bi^{214}	19,9МИН	β	0,987	3,27
		γ	1,289	1,765
Tl^{208}	3,7 МИН	β	0,994	1,795
		γ	2,28	2,615
Bi^{212}	60,55МИН	β	0,64	2,24
		γ	0,283	0,727
Pb^{212}	10,64Ч	β	1,775	0,1
		γ	0,993	0,15

В связи с этим по виду излучения были отобраны только γ -излучающие радионуклиды. В цепочке ^{222}Rn это ^{210}Pb , период полураспада которого равен 22 года, и он не может достигнуть в атмосфере равновесной концентрации. Следовательно, им и последующими элементами можно пренебречь.

В итоге было отобрано пять γ -излучающих радионуклида: Bi^{212} , Bi^{214} , Tl^{208} и Pb^{214} , Pb^{212}

3.2 Моделирование атмосферных полей γ -излучений

Моделирование данного процесса проводилось с помощью метода Монте-Карло в программе Компьютерная лаборатория (КЛ/PCLab). В таблицах 3.2 и 3.3 представлены состав воды и атмосферы, используемых в моделировании.

Таблица 3.2 Состав воды для моделирования

Элемент	Атомный номер Z	Массовое число A	Весовая доля %
O	8	16	88,9
H	1	1,008	11,1

Таблица 3.3 Состав атмосферы для моделирования

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

Плотность воздуха для моделирования была выбрана на основе экспериментальных данных, представленных на рисунке 3.2.

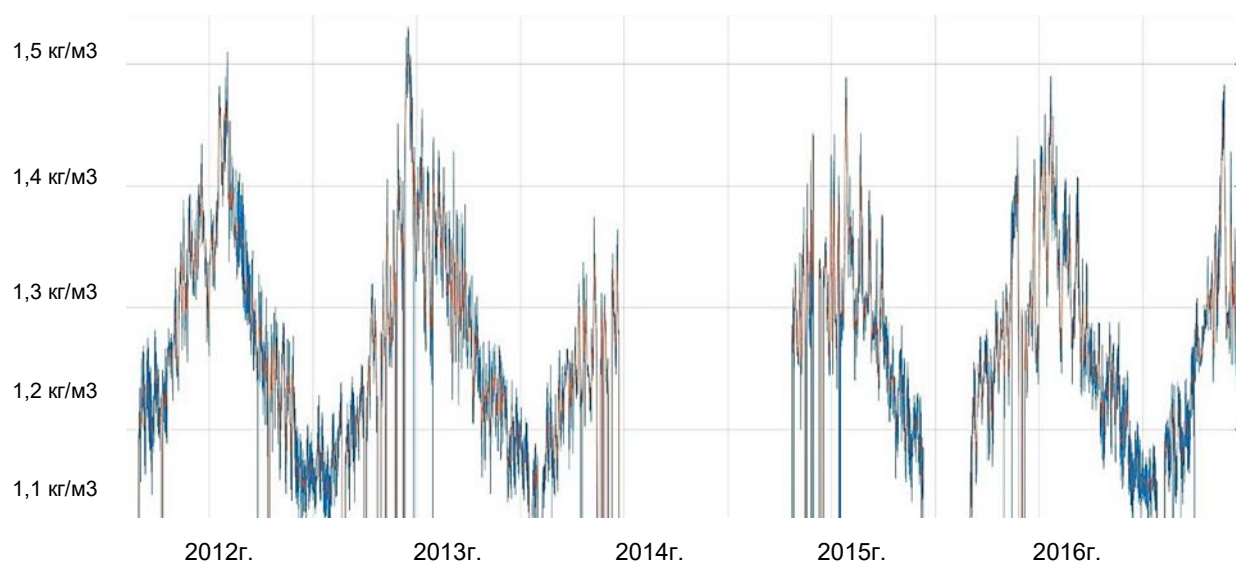


Рисунок 3.2 – плотность воздуха

Для расчетов была задана цилиндрическая геометрия (Рис. 3.3). Радиус 400 м был выбран, чтобы учесть проникающую способность фотонов в воздухе. Чтобы избавиться от влияния краевых эффектов на конечный результат, был сформирован внутренний цилиндр радиусом 20 м. Слой воды взят толщиной 1 мм, чтобы учесть только те радионуклиды, которые осели после выпадения осадков на поверхность грунта.

Высота в которой проводились расчеты была взята 400 м.

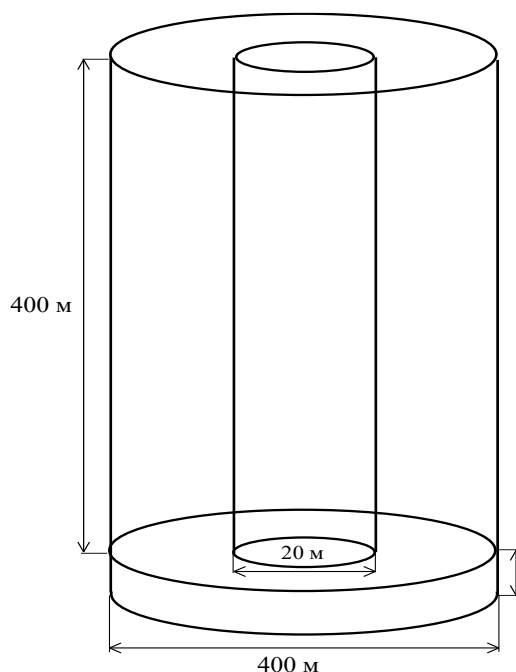


Рисунок 3.3 – Геометрия моделирования создаваемой на разных высотах мощности дозы на единичную активность радионуклида

Результаты моделирования приведены на рисунках 3.4 – 3.7.

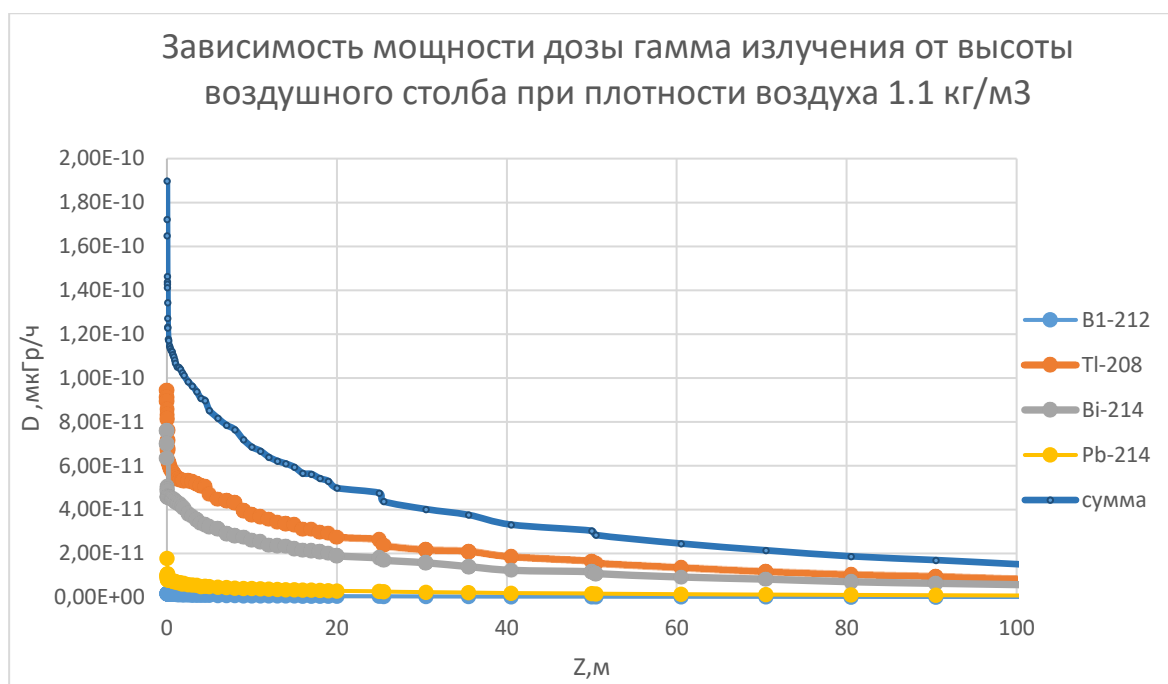


Рисунок 3.4 – Изменение с высотой D_γ при плотности воздуха 1,1 кг/м³

Мощность дозы γ -излучения экспоненциально уменьшается с ростом высоты воздушного столба.

Верхний график представляет собой сумму мощности дозы от каждого радионуклида. Можно заметить, что наибольший вклад в мощность дозы γ -излучения, вносят два радионуклида ^{214}Bi и ^{208}Tl , при этом их значения почти сравнимы. Другие радионуклиды вносят меньший вклад в общую мощность дозы, но тоже в конечном итоге могут повлиять на результат расчета интенсивности дождевых осадков разработанным методом.

Далее представлены графики динамики мощности дозы в зависимости от плотности воздуха.

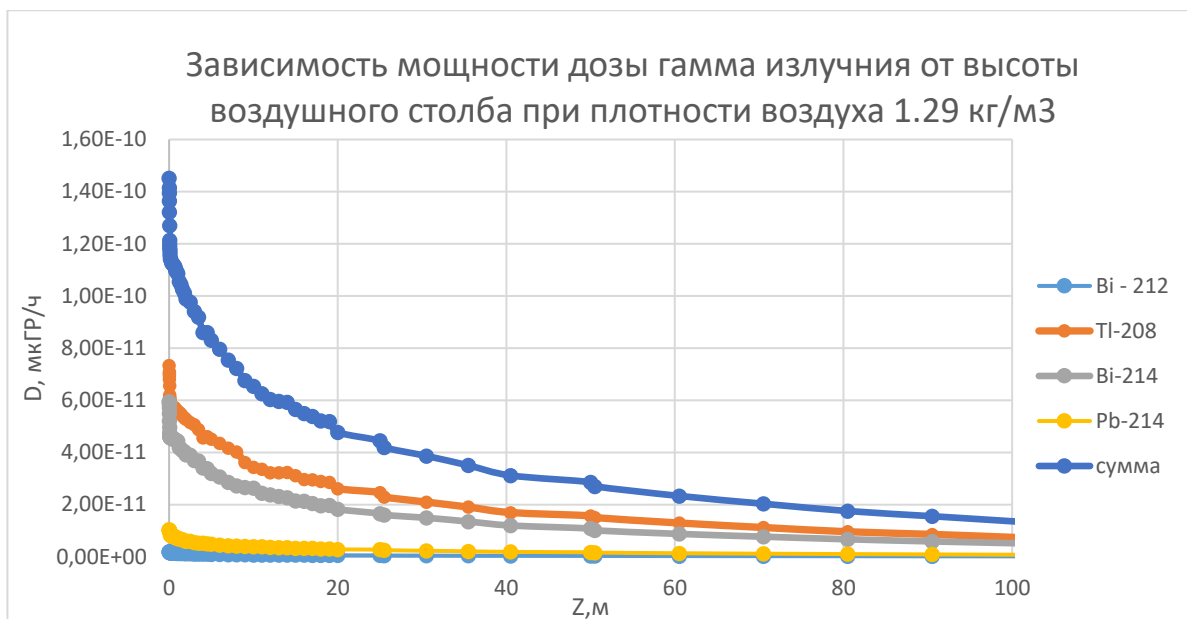


Рисунок 3.5 – Изменение с высотой D_γ при плотности воздуха 1,29 кг/м³

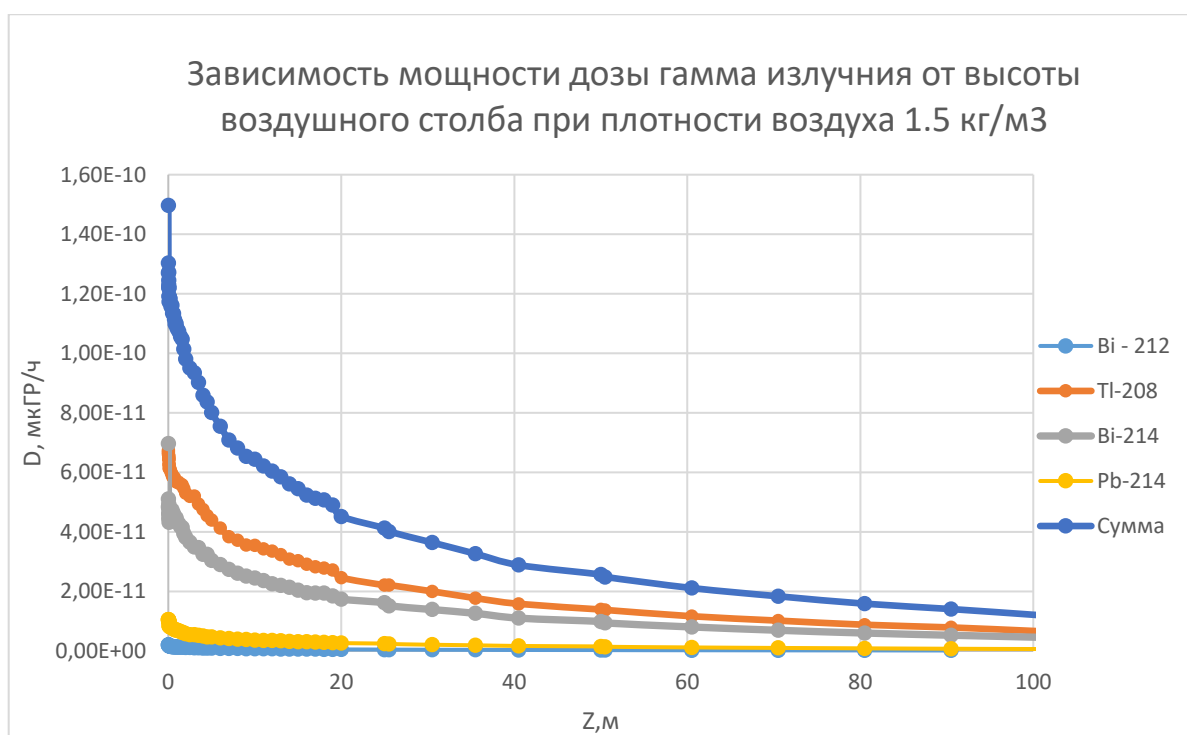


Рисунок 3.6 – Изменение с высотой D_γ при плотности воздуха 1,5 кг/м³

Было определено, что плотность воздуха не значительно влияет на значение суммарной мощности дозы γ -излучения, но можно сказать, что при меньшей плотности воздуха ее значение все таки выше, чем при большей

плотности воздуха, особенно в приземном слое атмосферы, что видно из рисунка 3.7.

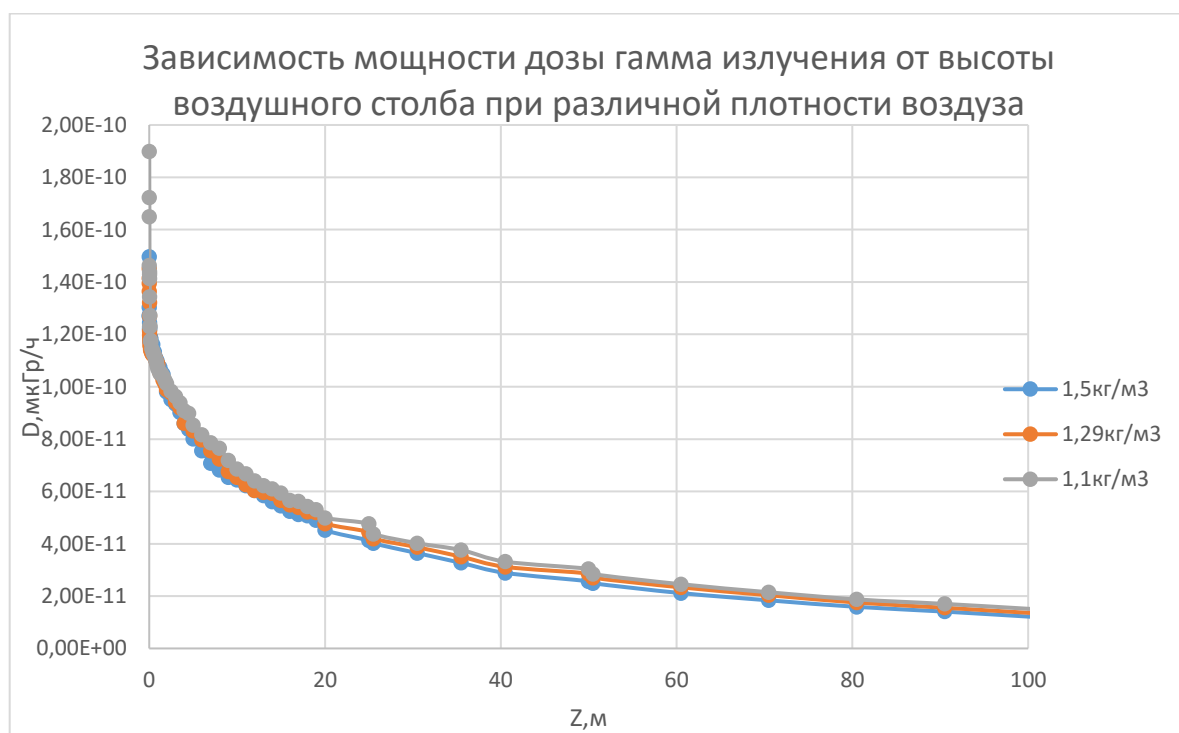


Рисунок 3.7 – Изменение с высотой D_γ при различной плотности воздуха

плотности воздуха

Вклад каждого радионуклида на пяти различных высотах в процентном соотношении представлен на рисунке 3.8.

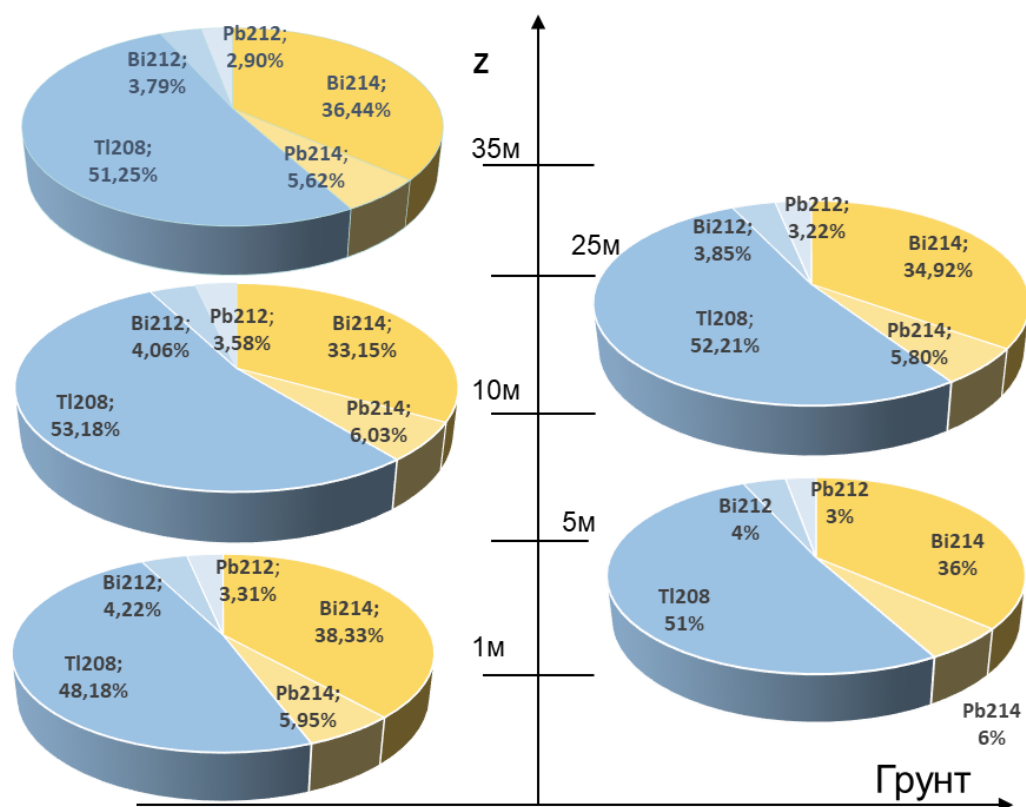


Рисунок 3.8 – вклад в мощность γ -излучения пяти радионуклидов

3.2 Влияние состояния атмосферы на среднее значение ОА ДПР

Средняя ОА каждого радионуклида определялась с помощью модели, которая представляет собой систему уравнений, в которой учтены процессы переноса радионуклидов под действием вертикального ветра, молекулярной диффузии, турбулентности и т.д.:

В одномерном случае, когда ось z направлена от поверхности, уравнение записывается следующим образом:

$$\begin{cases} (D_{M_i} + D_T) \frac{d^2 A_i(z)}{dz^2} - v_w \frac{d}{dz} A_i(z) - \lambda_i A_i(z) = 0, \text{ для } i = 1, 6; \\ (D_{M_i} + D_T) \frac{d^2 A_i(z)}{dz^2} - v_d \frac{d}{dz} A_i(z) + \lambda_i A_{i-1}(z) - \lambda_i A_i(z) = 0, \\ \text{для } i = 2 - 5, 7 - 11; \end{cases} \quad (2)$$

Краевые условия:

$$\begin{cases} -(D_{M_i} + D_T) \frac{dA_i(z)}{dz} \Big|_{z=0} + v_w A_i(z) \Big|_{z=0} = q, \text{ для } i = 1, 6; \\ (D_{M_i} + D_T) \frac{dA_i(z)}{dz} \Big|_{z=0} + v_d A_i(z) \Big|_{z=0} = 0, \text{ для } i = 2 - 5, 7 - 11; \\ A_i(z) \rightarrow 0, z \rightarrow \infty. \end{cases} \quad (3)$$

Здесь: $A_i(z)$ – функция объемной активности i го радионуклида, Бк/м³; индексы $i = 1-5$ соответствуют радону ²²²Rn и продуктам его распада, соответственно ²¹⁸Po (RaA), ²¹⁴Pb (RaB), ²¹⁴Bi (RaC) и ²¹⁴Po (RaC'); индексы $i = 6-11$ соответствуют торону ²²⁰Rn и продуктам его распада, соответственно ²¹⁶Po (ThA), ²¹²Pb (ThB), ²¹²Bi (ThC), ²¹²Po (ThC') и ²⁰⁸Tl (ThC''); q_i – плотность потока радона ($i = 1$) ($q_1 = 10$ мБк/м²с) и торона ($i = 6$) ($q_2 = 1$ Бк/м²с) с поверхности грунта, Бк·м⁻²·с⁻¹; D_M – коэффициент молекулярной диффузии (0,01-1), м²/с; D_T – коэффициент турбулентности атмосферы, м²/с; $v_d = v_w + v_F + v_R$; v_w – вертикальная составляющая скорости ветра, м/с; v_F – скорость осаждения под действием силы тяжести, м/с; v_R – скорость вымывания аэрозольных частиц из атмосферы осадками, м/с; λ_i – постоянная распада i го радионуклида, z-высота до атмосферного облака (300м) с⁻¹; $j = 1$ соответствует изотопу радона, а $j = 2, 3, \dots$ – ДПР [16].

При моделировании зависимости средней ОА ДПР от состояния атмосферы выяснилось, что высота нижней кромки облаков от 850м и до 1500м не влияет на ее значения при коэффициенте турбулентной диффузии в пределах от 0,01...0,1, что видно из рисунков, представленных ниже.

Рисунки с 3.9 – 3.13 отображают зависимость ОА для разных радионуклидов при различном состоянии атмосферы:

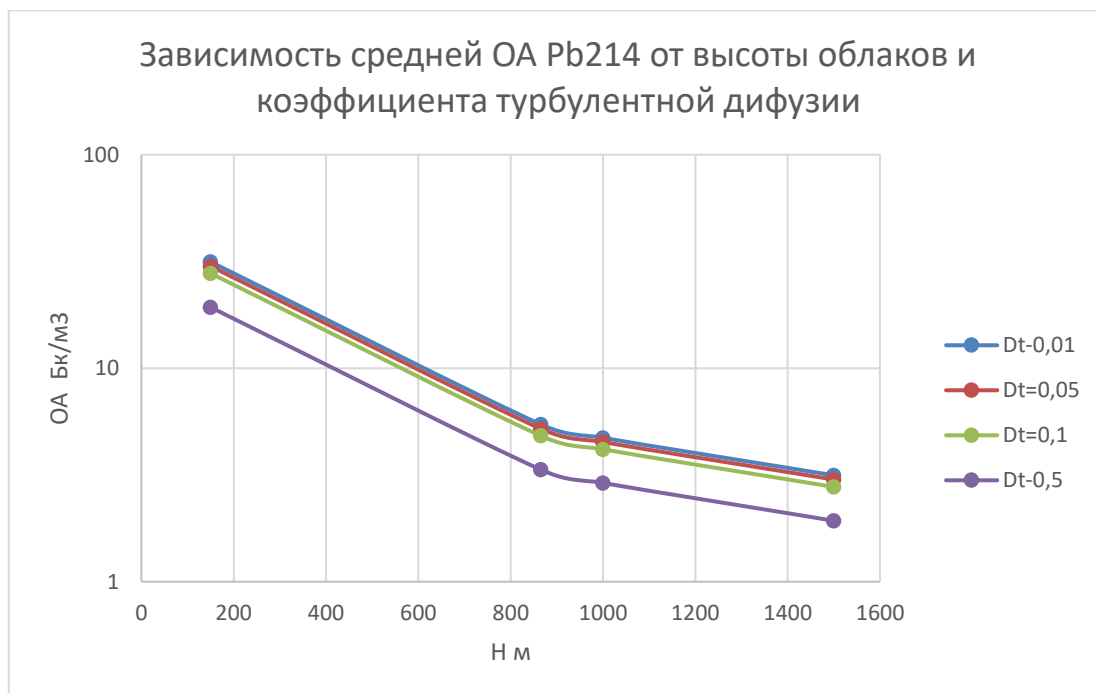


Рисунок 3.9 – Влияние состояния атмосферы на ОА Рb-214

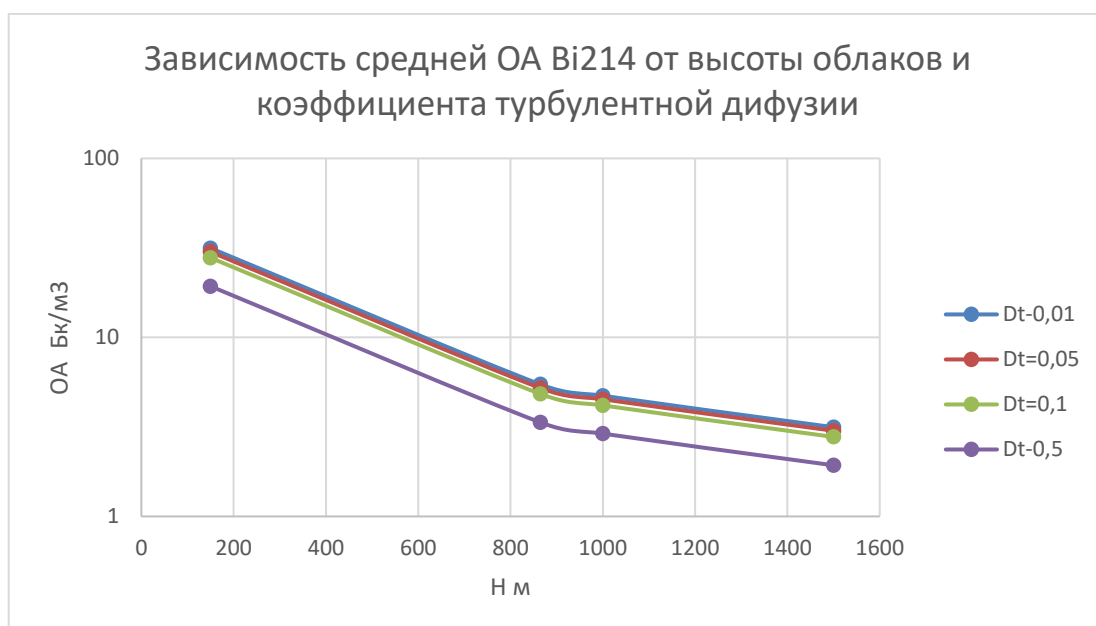


Рисунок 3.10 – Влияние состояния атмосферы на ОА Bi-214

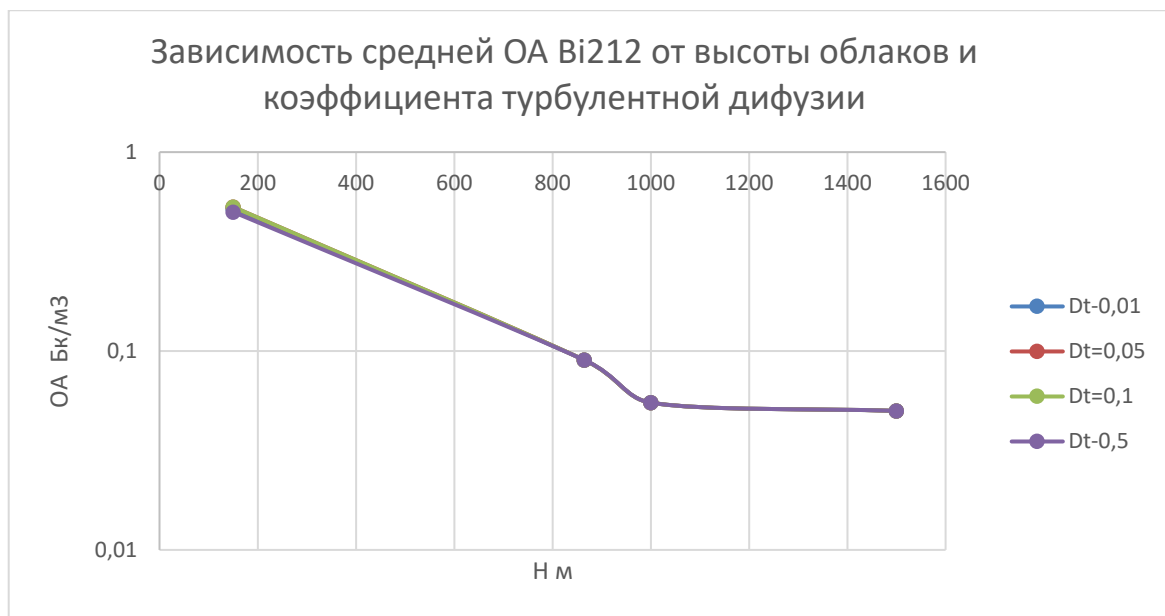


Рисунок 3.11 – Влияние состояния атмосферы на ОА Bi-212

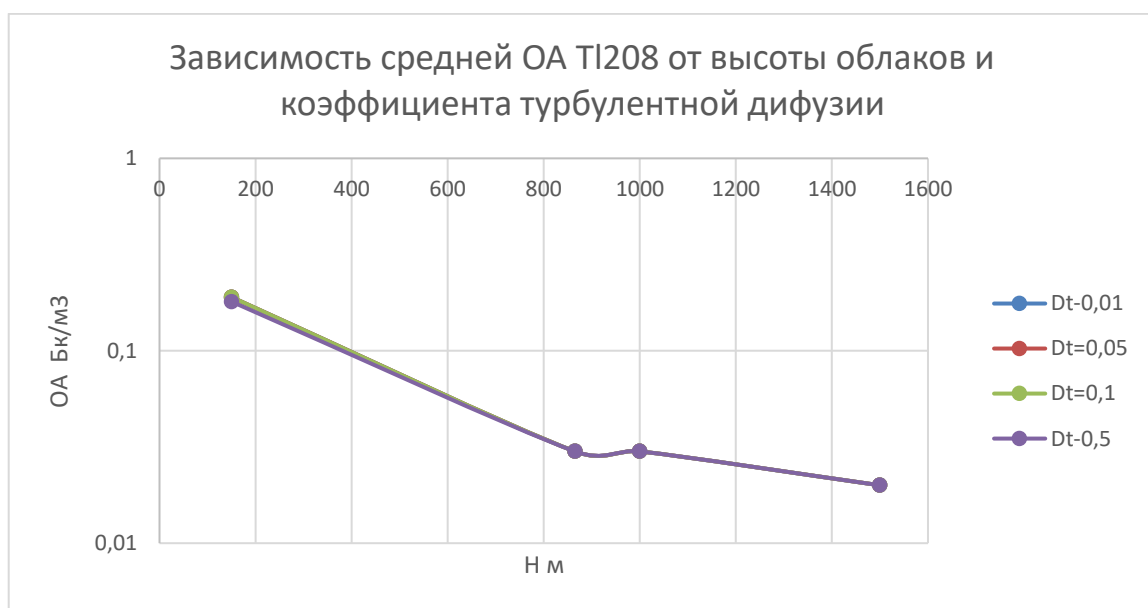


Рисунок 3.12 – Влияние состояния атмосферы на ОА Tl-208

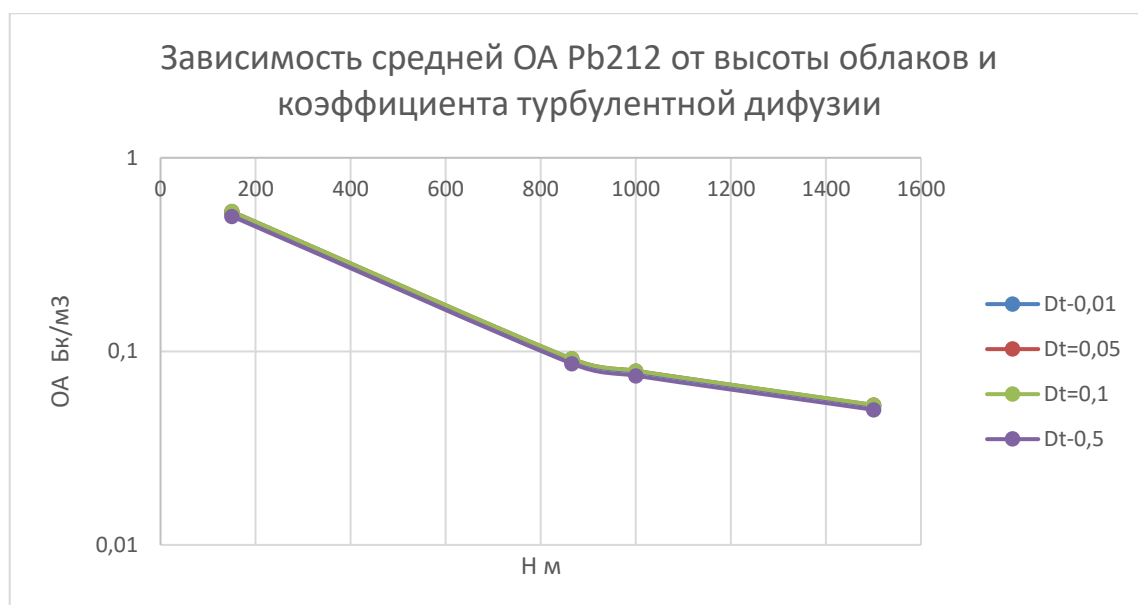


Рисунок 3.13 – Влияние состояния атмосферы на ОА Pb-212

Также из моделирования влияния состояния атмосферы на ОА можно заметить, что ОА для таких радионуклидов как Bi^{212} , Tl^{208} и Pb^{212} на три порядка меньше, чем у Bi^{214} и Pb^{214} , поэтому изменение их ОА не велико и остается почти постоянным вне зависимости от состояния атмосферы.

Отсюда следует, что вклад в реальную мощность дозы γ -излучения будет отличаться от вклада в мощность дозы на один распад таким образом, что основной вклад будут вносить только два радионуклида, а именно Bi^{214} и Pb^{214} , поэтому в дальнейшем исследовании будут рассматриваться только эти ДПР.

3.3 Экспериментальное подтверждение метода GammaRain

Для восстановления интенсивности нужно определить значения H_{end} и H_0 , то есть максимальное и фоновое значение дозы соответственно. Рассчитаем максимальный пик интенсивности дождевых осадков.

Для этого определенные из графика мощности дозы умножаем на переводной коэффициент $1.44 \cdot 10^{-3}$, что бы перевести соответствующие дозы в [мкЗв/ч]. Получаем $H_{end} = 0.079$ мкЗв/ч, $H_0 = 0.072$ мкЗв/ч.

Затем, определяем время t_{end} , в течении которого происходило увеличение γ -фона. Отсюда $t_{end} = 4 \text{ мин} = 0.07 \text{ часа}$.

ОА для радионуклидов была определена с помощью модели переноса радона в атмосфере. $A_{Pb-214} = A_{Bi-214} = 3.02 \text{ Бк/м}^3$

Мощность дозы была определена с помощью моделирования пространственной (в вертикальном направлении) и временная динамики мощности дозы γ -излучения в приземной атмосфере во время выпадения дождевых осадков и составила: $H_{Pb-214} = 9.75 \cdot 10^{-3} \text{ мкЗВ/ч}$, $H_{Bi-214} = 5.51 \cdot 10^{-2} \text{ мкЗВ/ч}$.

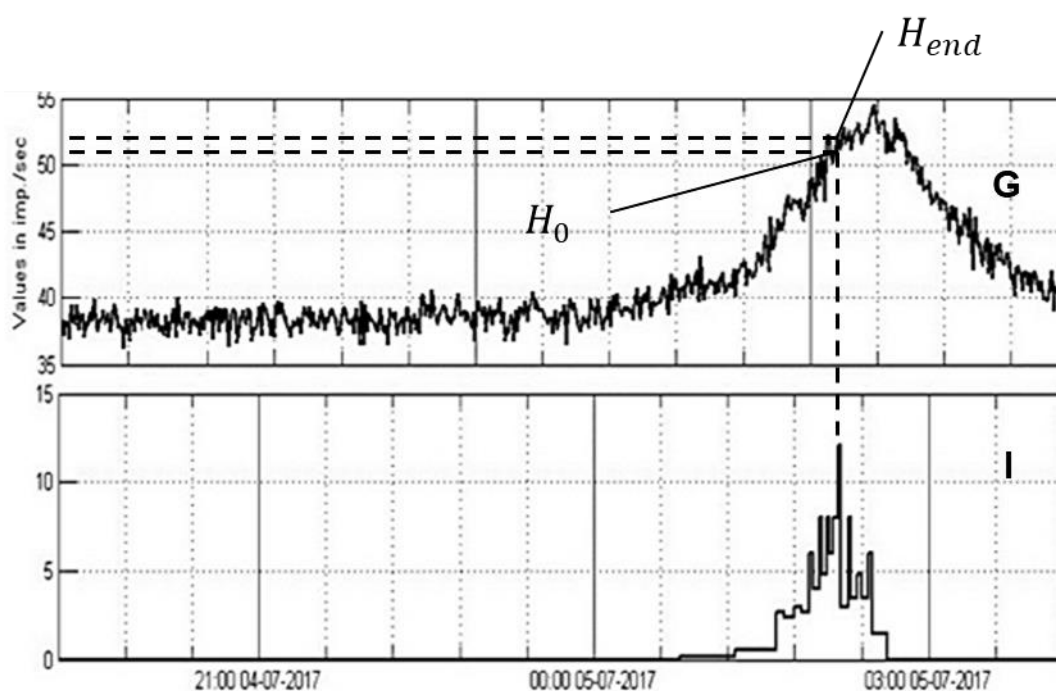
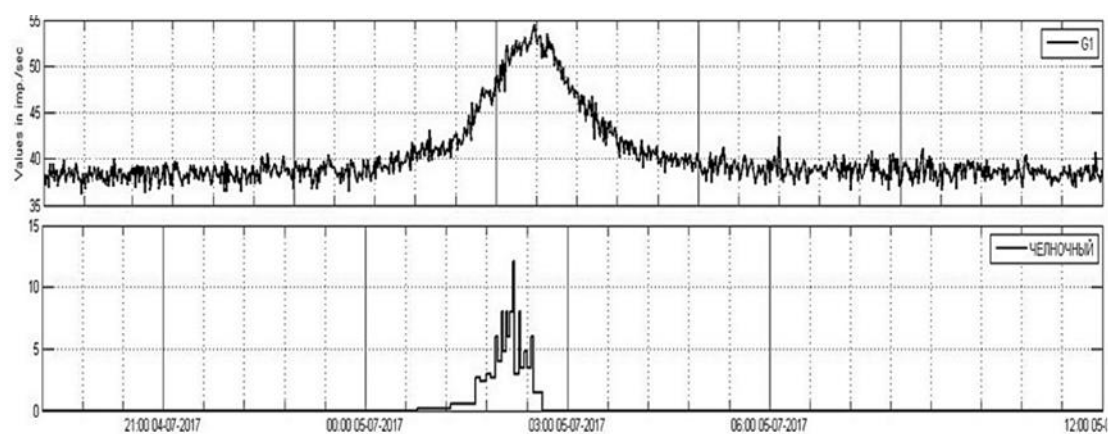


Рисунок 3.14 – Определение мощности дозы из динамики γ -излучения

Подставляя найденные коэффициенты в расчетную формулу, получаем значение интенсивности дождевых осадков в максимальном пике:

$$I = \frac{0.079 - 0.072}{0.07 \cdot 36 \cdot 10^{-3}(9.75 \cdot 10^{-3} \cdot 3.02 + 5.51 \cdot 10^{-2} \cdot 3.02)} = 14.1 \cdot \frac{\text{мм}}{\text{ч}} \quad (4)$$

Расчет остальных пиков производится аналогичным образом. В результате восстановленная интенсивность дождевых осадков по методу GammaRain представлена на рисунках 3.15 и 3.16.



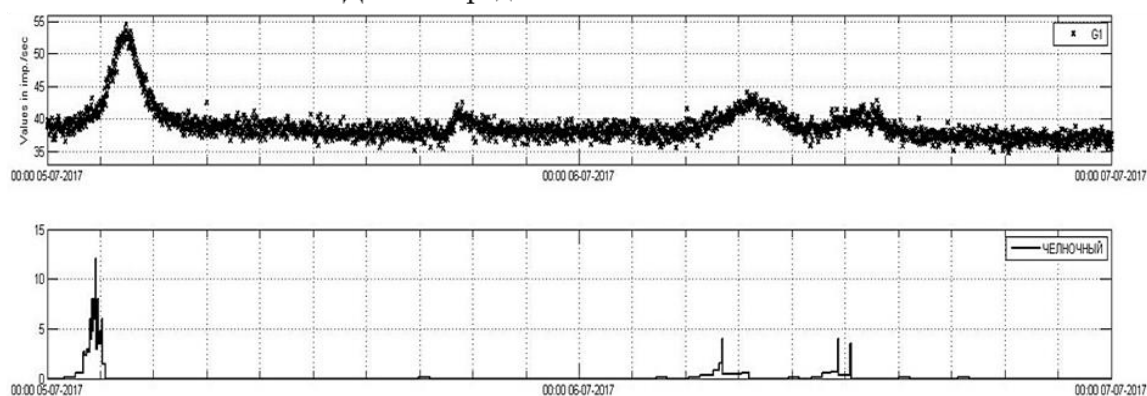
Восстановленная интенсивность



00:00 05-07-2017 03:00 05-07-2017

Рисунок 3.15 – Сопоставление экспериментальных и рассчитанных по методу данных

Данные предоставленные ИМКЭС



Восстановленная интенсивность

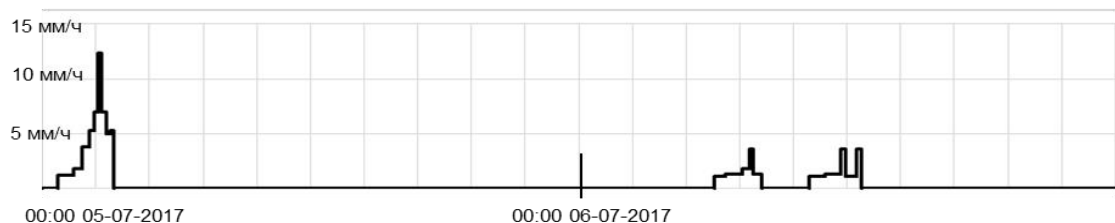


Рисунок 3.16 – Сопоставление экспериментальных и рассчитанных по методу данных

3.4 Заключение по главе 3

Из результатов, представленных на графиках выше, следует зависимость мощности дозы от интенсивности дождевых осадков, то есть, чем больше интенсивность дождевых осадков, тем сильнее прослеживается всплеск мощности дозы.

С помощью метода GammaRain была восстановлена интенсивность дождевых осадков. Интенсивность, рассчитанная по методу, оказалась в хорошем согласии с экспериментальными данными, что говорит о правильности разработанного метода GammaRain, а значит зависимость между интенсивностью и мощностью дозы имеет математическое описание, позволяющее определить значение той или другой величины.

Глава 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В прошлом была найдена зависимость влияния интенсивности осадков на радиационный фон в приземной атмосфере. В данной работе была определена обратным способом интенсивность дождевых осадков в приземном слое атмосферы по измеренной мощности дозы γ , - излучения. Заинтересованность в проекте могут проявить различные метеорологические и геологические организации, а также оперативные радиологические службы. Исследуя рынок потенциальных потребителей, можно выделить ряд предприятий, которым потенциально интересны результаты исследований

- Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Москва;
- ФГУП Аварийно-технический центр Минатома России;
- Сибирская Геологическая Ассоциация, Новосибирск;

Томский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Томск.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для анализа конкурентных технических решений был взят оптико – акустико – электронный прибор (К1), так как он является наиболее точным из ныне существующих приборов для измерения интенсивности осадков. В оценочной карте, указанной в таблице приведены сильные и слабые стороны конкурента.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5

– наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять единицу.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \text{ где} \quad (5)$$

K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента, где

K_{ϕ} – конкурентоспособность научной разработки, K_1 – конкурентоспособность оптико – акустико – электронного прибора;

B_i – вес показателя (в долях единицы), где B_{ϕ} – вес показателя научной разработки, B_1 – вес показателя оптико – акустико – электронного прибора;

B_i – балл i -го показателя, где B_{ϕ} – балл показателя научной разработки, B_1 – балл показателя оптико – акустико – электронного прибора.

Данный анализ показывает, что определение интенсивности дождевых осадков разработанным методом имеет ряд преимуществ по сравнению с конкурентом.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Достоверность полученных данных	0,35	5	3	1,75	1,05
2.Помехоустойчивость детектирующих устройств	0,2	4	2	0,8	0,4
3. Надежность полученных данных	0,12	4	3	0,48	0,36
4.Простота эксплуатации	0,15	5	4	0,75	0,6
5. Удобство в эксплуатации	0,1	5	3	0,5	0,3
6. Энергоэкономичность	0,08	4	5	0,32	0,4
Итог:	1	-	-	4,6	3,11

4.1.3 SWOT-анализ

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

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

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

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

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

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

Таблица 4.2 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: –С1. Достоверность полученных данных; –С2. Высокая помехоустойчивость; –С3. Невысокая стоимость детекторов; –С4. Расширение границ применимости.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: – Сл1.Дополнительные математические расчеты; – Сл2. Погрешность измерения мощности дозы γ-излучения; –Сл3. Нахождения детектора γ-излучения в области выпадения осадков.
Возможности: – В1. Развитие сейсмологии расширит рынок, что повысит интерес к данной методике; – В2. Уменьшение стоимости γ-детекторов; –В3. Усовершенствование γ-детекторов, для уменьшения погрешности.	1. Благодаря достоверности данных и хорошей помехоустойчивости увеличивается шанс выхода метода на рынок. 2. Уменьшение стоимости γ-детекторов и их усовершенствование позволит расширить границы применимости	1. Развитие сейсмологии и уменьшение стоимости γ-детекторов позволит увеличить количество детекторов для расширения области измерения мощности дозы; 2. Усовершенствование γ-детекторов приведет снижению погрешности измерения.
Угрозы: – У1. Высокая конкуренция из-за модернизации других приборов;	1. Расширение границ применимости позволит выйти из границ метеорологии и обратить внимание на новые рынки;	1. Разработка ПО для математических расчетов и уменьшения погрешности позволит значительно повысить

–У2. Не востребованность на рынке из-за привязанности клиентов к использованию старых и проверенных; –У3. Усовершенствование осадкомеров и дождемеров, вследствие развития метеорологии.	2. Высокая достоверность в совокупности с невысокой стоимостью данных значительно повышает конкурентоспособность; 3. Повышение востребованности у клиентов с помощью высокой помехоустойчивости.	конкурентоспособность товара на рынке; 2. Уменьшение стоимости γ-детекторов позволит закупить дополнительное количество детекторов для расширения области измерения мощности дозы, что приведет к повышению спроса на данную методику.
---	---	---

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

Таблица 4.3 – интерактивная матрица

Сильные стороны научно – исследовательского проекта					
Возможности		С1	С2	С3	С4
	В1	+	+	+	0
	В2	-	-	+	+
	В3	+	+	-	+

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

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

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

- руководитель;
- студент.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ по выполнению НИР, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок этапов и работ при выполнении ВКР приведен в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Работ	Содержание работы	Исполнитель
Разработка технического задания на НИР	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Поиск материалов по теме: "Влияние радона, торона и их ДПР на радиационный фон в приземной атмосфере"	Студент
	3	Разработка общей методики проведения исследований	Руководитель
Теоретические исследования	4	Изучение документации, поиск литературы	Студент
	5	Поиск статей в журналах по тематике: "Влияние осадков на рад.	Студент

Основные этапы	№ Работ	Содержание работы	Исполнитель
		фон в приземной атмосфере"	
Проведение расчетов	6	Получение данных мощности дозы γ –излучения в приземной атмосфере из данных ИМКЭС	Руководитель Студент
	7	Получение данных интенсивности осадков из ИМКЭС	Руководитель Студент
	8	Получение данных по высоте облаков из Гесметео	Руководитель Студент
	9	Создание графических зависимостей интенсивности осадков и мощности дозы γ –излучения в приземной атмосфере	Студент
	10	Анализ и описание результатов	Студент
Оформление отчета по ВКР	11	Проверка полученных результатов с данными с ИМКЭС	Руководитель

Основные этапы	№ Работ	Содержание работы	Исполнитель
	12	Составление пояснительной записки	Студент

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

$$t_{ожи} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (6)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (7)$$

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

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

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

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \text{ где} \quad (8)$$

T_{ki} - продолжительность выполнения одной работы, (кален. дн.);

T_{pi} - продолжительность одной работы, (раб. дн.);

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

Расчёт коэффициента календарности производится по следующей формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (9)$$

где $T_{кг}$ - количество календарных дней в году ($T_{кг} = 365$ дн.);

$T_{вд}$ - количество выходных дней в году ($T_{вд} = 52$);

$T_{\text{пд}}$ – количество праздничных дней в году, ($T_{\text{пд}} = 14$).

Расчетную величина продолжительности работ T_{ki} была округлена до целых чисел.

Величина посчитанного коэффициента календарности:

$$k = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22. \quad (10)$$

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

Таблица 4.5 – Временные показатели проведения научного исследования

.

Таблица 4.5 – Временные показатели проведения научного исследования

i	Исполнитель	$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{\text{ож } i}$	Ч_i	$T_{p i},$ раб.дн	$T_k,$ кал.дн.
1	Руководитель	1	2	2,2	1	2,2	2,7
2	Студент	2	4	2,8	1	2,8	3,4
3	Руководитель	2	4	2,8	1	2,8	3,4
4	Студент	3	6	4,2	1	4,2	5,1
5	Студент	3	6	4,2	1	4,2	5,1
6	Руководитель Студент	2	4	2,8	2	1,4	1,7
7	Руководитель Студент	2	4	2,8	2	1,4	1,7
8	Руководитель Студент	2	4	2,8	2	1,4	1,7
9	Студент	14	31	20,8	1	20,8	25,4

10	Студент	2	4	2,8	1	2,8	3,4
11	Руководитель	2	3	2,4	1	2,4	2,9
12	Студент	2	4	2,8	1	2,8	3,4
Итого		37	76	53,4	-	49,2	60

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

Таблица 4.6 – Календарный план-график проведения НИР по теме

№	Исп.	Т _{кi} , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ											
			Март				Апрель				Май			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Р	2,7												
2	С	3,4												
3	Р	3,4												
4	С	5,1												
5	С	5,1												
6	Р С	1,7												
7	Р С	1,7												

8	Р С	1,7												
9	С	25,4												
10	С	3,4												
11	Р	2,9												
12	С	3,4												

 - студент;
  - руководитель;
  - руководитель, студент.

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

1. Основная заработная плата исполнителей темы;
2. Отчисления во внебюджетные фонды.
3. Накладные расходы.

4.2.4.1 Основная заработная плата исполнителей темы

В данный раздел включена основная заработная плата работников непосредственно участвовавших в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (11)$$

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

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

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

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (12)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = (Z_{\text{м}} \cdot M) / F_{\text{д}}, \quad (13)$$

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

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

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

Таблица 4.7– Баланс рабочего времени

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

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

$$З_m = З_{тс} \cdot 1,3. \quad (14)$$

Основная заработная плата руководителя за период проведения работ равна:

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

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

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

Таблица 4.8 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{тс}$, руб.	k_p	$З_m$, руб./месяц	$З_{дн}$, руб./день	$T_{р,раб.}$ дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	36800	1,3	47840	1982	12	23784
Студент	9893	1,3	12861	533	42	22386
Итого $З_{осн}$						46170

4.2.4.2 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (15)$$

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

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

$$k_{внеб} = k_{пф} + k_c + k_{пн}, \quad (16)$$

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

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

$$k_{внеб} = 0,271.$$

Таким образом отчисления во внебюджетные фонды от затраты на оплату труда руководителя вычисляются следующим образом:

$$З_{внеб} = 0,271 \cdot 46170 = 12512 \text{ руб.}$$

Таблица 4.9 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель
Основная заработная плата, руб.	46170
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271
Сумма отчислений	12512
Итого	12512

4.2.4.3 Накладные расходы

Затраты на электроэнергию для работы компьютера рассчитываются по формуле:

$$C = \Pi_{\text{эл}} \cdot P \cdot F_{\text{об}} \quad (17)$$

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

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

При выполнении работы использовался персональный компьютер со средней мощностью 350 Вт(0,35 кВт). Если предположить, что вся работа выполнялась на нем, то, согласно таблице, всего было израсходовано (60 календарных дней, шестичасовой рабочий день):

$$E_{\text{ПК}} = P \cdot F_{\text{об}} = 0,35 \cdot 294 = 103 \text{ кВт};$$

тогда стоимость потраченной электроэнергии равна:

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

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

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн.}} + З_{\text{доп}}) \quad (18)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных берем в размере 16%, отсюда:

$$C_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 46170 = 7387 \text{ руб.}$$

4.2.4.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Таблица 4.10 – Бюджет на научно-исследовательский проект

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	46170
2. Отчисления во внебюджетные фонды	12512
3. Накладные расходы	7387
4. Затраты на электроэнергию	597
Бюджет затрат НТИ	67000

4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определить эффективность можно посредством расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его величина складывается из коэффициентов финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (19)$$

где $I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в

размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как разработка имеет одно исполнение, то:

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.i}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{67000}{67000} = 1 \quad (20)$$

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

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (21)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы.

Таблица 4.11– Оценка характеристик исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,23	5
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5
3. Помехоустойчивость	0,20	4
4. Энергосбережение	0,20	3
5. Надежность	0,12	4
6. Материалоемкость	0,15	4
ИТОГО	1	

$$I_{pi} = 5 \cdot 0.23 + 5 \cdot 0.1 + 4 \cdot 0.2 + 3 \cdot 0.2 + 4 \cdot 0.12 + 4 \cdot 0.15 = 4.13$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.} \quad (22)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (23)$$

Таблица 4.12 – Эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Оценка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.13
3	Интегральный показатель эффективности	0,24

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

Глава 5 Социальная ответственность

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

В основе Законодательства Российской Федерации об охране труда лежит Конституция Российской Федерации и Трудовой кодекс Российской Федерации.

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно – технические, санитарно – гигиенические, лечебно – профилактические, реабилитационные и иные мероприятия [22].

Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме [23].

Безопасные условия труда – условия труда, при которых воздействие на работающих вредных или опасных производственных факторов исключено либо уровни их воздействия не превышают установленные нормативы.

Рабочее место – место, в котором работник должен находиться или в которое ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя.

Сложность поставленных задач требует использования достижений многих научных дисциплин, прямо или косвенно связанных с задачами создания безопасных условий труда. При разработке требований производственной санитарии используются результаты исследований ряда медицинских и

биологических дисциплин.

Правила по охране труда и техники безопасности являются обязательными для исполнения рабочими, служащими, инженерно – техническими работниками и руководящим составом.

5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа на ПЭВМ	Повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне		Нормы радиационной безопасности (НРБ- 99/2009). СП 2.6.1.2523-09.
		Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	Воздействие радиации (ВЧ,УВЧ,СВЧ и т.д.)		СанПиН 2.2.2/2.4.1340- 03 Санитарно- эпидемиологические правила и нормативы.

			«Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
--	--	--	--

Данная работа связана с математическим моделированием и расчетами. Следовательно, рабочим местом следует считать рабочий стол с персональным компьютером.

При работе на ПК на оператора влияют разнообразные вредные факторы, такие, как: физические (шум, статическое электричество, освещенность, температура, электромагнитное поле) и психофизиологические (нервно-психическое напряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки и т.д.).

При выполнении данной работы, основными возникающими вредными факторами являются:

- микроклимат;
- шум и вибрация;
- освещение;
- электромагнитное поле и ионизирующее излучение от компьютера.

5.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ

5.2.1 Организационные мероприятия

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

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому,

присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальное удостоверение.

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

5.2.2 Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости представлены на рисунке 5.1

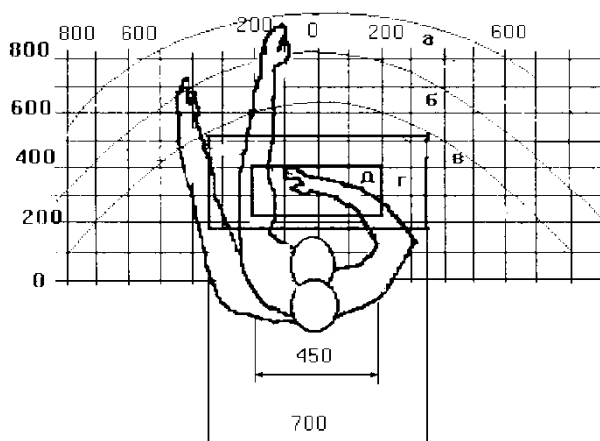


Рисунок 5.1 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а – зона максимальной досягаемости рук; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в–зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук: дисплей размещается в зоне а (в центре); клавиатура – в зоне г/д; системный блок размещается в зоне б (слева); принтер находится в зоне а

(справа); в зоне в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола – литература, не используемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования.

Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в определенных пределах 680 – 800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

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

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

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

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

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100–300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной

плоскости 15 градусов. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

5.3 Условия безопасной работы

К основным параметрам, характеризующим условия труда относятся: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

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

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м³ на человека – не менее 30 м³ в час на человека; при объёме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 40%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом –20–25 °С, температура зимой –13–15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

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.

Плохое освещение повышает количество ошибок в работе, значительно снижает производительность труда, повышает утомляемость, вызывает заболевание органов зрения.

Основным способом защиты от недостаточного освещения является соблюдение норм освещенности, установленных по СНиП 23-05-95. В помещении с третьим разрядом зрительных работ с высокой точностью освещенность должна составлять 200 лк, а коэффициент пульсации 15%. Пульсации освещенности обусловлены малой инерционностью излучения газоразрядных ламп, световой поток от которых пульсирует при переменном токе промышленной частоты.

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

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Согласно [24] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

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

Плотность магнитного потока должна быть не более:

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

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

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

- применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

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/час. По нормам [24] конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более 100 мкР/час.

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

5.4 Электробезопасность

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ПЭВМ или другими электрическими приборами и установками в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %), высокой температуры (более 35 °С) [25], наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта электрических приборов;

- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании.

Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает тепловое, химическое и биологическое воздействие.

Тепловое (термическое) действие проявляется в виде ожогов участка кожи, перегрева различных органов, а также возникающих в результате перегрева разрывов кровеносных сосудов и нервных волокон.

Химическое (электролитическое) действие ведет к электролизу крови и других содержащихся в организме человека растворов, что приводит к изменению их физико-химических составов, а значит, и к нарушению нормального функционирования организма.

Биологическое действие проявляется в опасном возбуждении живых клеток и тканей организма, в результате чего они могут погибнуть.

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока зависит от:

- Параметров электрического тока, протекающего через тело человека (величины напряжения, частоты, рода тока, приложенного к телу);
- Пути тока через тело человека (рука-рука, рука-нога, нога-нога, шея-ноги и др.);
- Продолжительности воздействия тока через тело человека;
- Условий внешней среды (влажности и температуры);
- Состояния организма человека (толщины и влажности кожного покрова, состояния здоровья и возраста);

Электрозащитные средства – это переносимые и перевозимые изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги. Эти средства должны обеспечивать высокую степень защиты и удобство при эксплуатации. Их выбирают с учетом требований безопасности для данного вида работ. В первую очередь безопасность обеспечивается применением средств коллективной защиты, а затем, если она не может быть обеспечена, применяют средства индивидуальной защиты.

К средствам индивидуальной защиты от поражения электрическим током относятся:

- оградительные устройства, которые могут быть стационарными и переносимыми. Ограждения могут быть заблокированы с устройствами, отключающими рабочее напряжение при снятии;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления, зануления и защитного отключения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства и др.

5.5 Пожарная и взрывная безопасность

В зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение лаборатории по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- работа с открытой электроаппаратурой;

- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей.

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

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 [26].

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

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);

- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении возгорания необходимо немедленно прекратить работу, отключить электрооборудование, позвонить в подразделение пожарной охраны по телефону 01 или 010, сообщить о случившемся руководителю подразделения и приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам моделирования динамики мощности дозы γ -излучения, формируемой в приземной атмосфере во время выпадения дождевых осадков, а также анализа зависимости мощности дозы γ -излучения от высоты дождевых облаков, плотности и турбулентности атмосферы можно сделать следующие выводы:

- из 5-ти короткоживущих продуктов распада радона и торона (Tl-208, Pb-212, Bi-212, Bi-214 и Pb-214), вымываемых из атмосферы дождевыми осадками только Bi-214 и Pb-214 вносят основной вклад в суммарную мощность дозы γ -излучения, равный, в среднем 86 % и 14%, соответственно;

- плотность атмосферы является слабым фактором, влияющим на γ -фон;

- высота дождевых облаков в пределах от 850 м до 1,5 км и выше практически не влияет на средние значения ОА осаждаемых ДПР радона в широком диапазоне изменения коэффициента турбулентности атмосферы от 0,01 м²/с до 0,5 м²/с, следовательно, не влияет на величину всплеска мощности дозы γ -излучения во время дождей;

- при расстоянии от земной поверхности до нижней кромки облаков менее 850 м существенно (в среднем в 1,5-2 раза) увеличиваются средние в атмосферном столбе значения ОА ДПР радона и торона, что может привести к завышенным оценкам γ -фона во время дождей;

- при сопоставлении рассчитанных по методу GammaRain значений интенсивности осадков с экспериментальными данными, полученными с помощью челночного осадкомера, была получена хорошая сходимость расчетных и экспериментальных результатов;

- анализ результатов позволил сделать вывод о необходимости введения поправочного коэффициента на текущее состояние атмосферы (зависящего от высоты нижней кромки облаков и коэффициента турбулентной диффузии) в расчетную формулу метода GammaRain.

Список литературы

1. Яковлева, Валентина Станиславовна. Методы и приборы контроля полей α -, β -, γ -излучений и радона в системе "грунт-атмосфера": диссертация ... доктора технических наук: 05.11.13 / Яковлева Валентина Станиславовна; [Место защиты: Нац. исслед. Том. политехн. ун-т].- Томск 2013.- 323 с.;
2. Valentina, S. Yakovlevaa. Effect of precipitation on the background levels of the atmospheric β - and γ - radiation / S. Yakovlevaa. Valentina. и др. // Applied Radiation and Isotopes. – 2016. – 118. – С. 190-195.;
3. Бураева, Е. А. Естественная радиоактивность приземного слоя воздуха г. Ростова-на-Дону / Е. А. Бураева. и др. // Глобальная ядерная безопасность. – 2012. – 1. – С. 22-31.;
4. Яковлева В. С. Методы измерения плотности потока радона и торона с поверхности пористых материалов //Томский политехнический университет. – 2011. – С. 20-21.;
5. Yakovleva V.S., Ippolitov I.I., Kabanov M.V. et al. Complex experiment methodology on analysis of processes of soil radon entry into atmosphere // Intern. Conf. Radon in Environment: Book of abstr. Poland, Krakow: Polish Academy of Sciences. 2009. С. 76.;
6. Mendonca de R.R.S., Raulin J.P., Bertoni F.C.P., Echer E., Makhmutov V.S., Fernandez G. Long-term and transient time variation of cosmic ray fluxes detected in Argentina by CARPET cosmic ray detector//Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. -2011. -Vol. 73. -P. 1410-1416.;
7. Cameron E. Lawrence, Riaz A. Akber, Andreas Bollho, Paul Martin Radon-222 exhalation from open ground on and around a uranium mine in the wet-dry tropics // Journal of Environmental Radioactivity. 2009. С. 1-8.;
8. Yakovlev, E. Yu. Impact of the short-lived radon decay products on change of gamma background during precipitation on the European north of Russia / E. Yu. Yakovlev, S. V. Druzhinin, V. M. Bykov. // успехи современного естествознания. – 2017. – 6. – с. 123-129.;

9. R.J. Livesay, C.S. Blessinger, T.F. Guzzardo, P.A. Hausladen Rain-induced increase in background radiation detected by Radiation Portal Monitors // Journal of Environmental Radioactivity. 2014. С. 137-141.;
10. J L Burnett, I W Croudace, P E Warwick Short-lived variations in the background gamma-radiation dose // Journal of Radiological Protection. 2010. С. 525–533.;
11. Masayoshi Yamamoto, Aya Sakaguchi, Keiichi Sasaki, Katsumi Hirose, Yasuhito Igarashi, Chang Kyu Kim Seasonal and spatial variation of atmospheric ^{210}Pb and ^7Be deposition: features of the Japan Sea side of Japan // Journal of Environmental Radioactivity. 2006. С. 110-131.;
12. Рудаков В.П. Динамика полей почвенного радона сейсмоактивных регионов СНГ// Автореф. дис. ... доктора физико-математических наук. М.: ОИ ИФЗ, 1992. 56 с.;
13. Способ определения интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы;
14. Бютнер Э.К., Гисина Ф.А. Эффективный коэффициент захвата частиц аэрозоля дождевыми и облачными каплями. Труды ЛГМИ, вып. 15, с. 103–117.;
15. Сердюкова А.С., Капитанов Ю.Т. Изотопы радона и короткоживущие продукты их распада в природе. – М.: Атомиздат, 1979. – 294 с.;
16. А.А. Степаненко, К.С. Рябкина, Национальный исследовательский, Томский политехнический университет, г. Томск, Россия, Влияние дождевых осадков на радиационный фон окружающей среды;
17. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.;
18. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.;

19. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.;
20. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.;
21. Сущность методики FAST в области ФСА [Электронный ресурс] <http://humeur.ru/page/sushhnost-metodiki-fast-v-oblasti-fsa>;
22. Кукин П.П., Лапин В.Л. Безопасность технологических процессов и производств: учеб. пособие. М., Высшая школа. 1999. С.318;
23. Об основах охраны труда в Российской Федерации: Федеральный закон от 17 июля 1999 № 181 – ФЗ // Российская газ. 1999.24.07. С.4.;
24. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы» [Текст]. – Взамен СанПиН 2.2.2.542-96; введ. 2003-06-30. М : Российская газета, 2003. С.3.;
25. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность [Текст]. – Введ. 1983-01-07. М.: Издательство стандартов. 1988. С.2.;
26. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Текст]. – Взамен СНиП 2.01.02-85; введ. 1998-01-01. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП. 1999. С.6.