

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

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование влияния дождевых осадков на радиационный фон приземной атмосферы

УДК 614.876:551.521.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ4А	Рябкина Ксения		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры МЕН	Верховская М.В.	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент кафедры ПФ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общекультурные компетенции	
ОК-1	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности
ОК-2	Свободно пользоваться русским и иностранным языками, как средством делового общения
ОК-3	Использовать навыки и умения в организации научно-производственных и научно-исследовательских работ, в управлении коллективом, влиять на формирование целей команды, оценивать качество результатов деятельности
Профессиональные компетенции	
<i>общепрофессиональные</i>	
ПК-1	Способен к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности
ПК-2	Способен самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения с помощью информационных технологий, расширять и углублять своё научное мировоззрение
ПК-3	Способен к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, в соответствии с целями магистерской подготовки
<i>научно-исследовательская деятельность</i>	
ПК-4	Способен к созданию теоретических и математических моделей, описывающих, взаимодействие излучения с веществом, воздействие ионизирующего излучения на человека, материалы и объекты окружающей среды
ПК-5	Готов к разработке методов регистрации ионизирующих излучений
ПК-6	Способен использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, экологии в объеме достаточном для самостоятельного синтеза и комбинирования реальных идей, творческого самовыражения
ПК-7	Способен применять теоретические, экспериментальные и компьютерные методы исследований в профессиональной области
ПК-8	Способен оценить перспективы развития ядерной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательских работах
ПК-9	Способен самостоятельно выполнять теоретические и экспериментальные исследования для решения научных и производственных задач с использованием современной техники и методов расчета и исследования
ПК-10	Способен оценивать риск и определять меры безопасности для новых технологий и установок, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения
<i>проектная деятельность</i>	
ПК-12	Готов применять методы анализа вариантов, оптимизации, поиска решения многокритериальных задач, учета неопределенностей при проектировании
ПК-13	Способен формулировать технические задания, использовать пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок
<i>экспертная деятельность</i>	
ПК-14	Способен к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам
ПК-15	Способен объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение
<i>производственно-технологическая деятельность</i>	
ПК-16	Способен понимать научно-техническую политику ядерной сферы деятельности, современные профессиональные проблемы, современные ядерные технологии
ПК-17	Может решать инженерно-физические задачи с помощью пакетов прикладных программ

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Вагнер А.Р.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
0AM4A	Рябкина Ксения

Тема работы:

Исследование влияния дождевых осадков на радиационный фон приземной атмосферы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.03.2016, №1844/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Результаты численных экспериментов совместно с многолетними исследованиями полей ионизирующих излучений, естественной радиоактивности, метеорологических и атмосферно-электрических параметров (в том числе и на экспериментальных площадках) в г.Томске.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Необходимо провести обзор и анализ литературы по тематике диссертации. Создать программный код с использованием программы «MathLab» для формирования базы данных по радиационным величинам для графического отображения. Выполнить статистический анализ осадков и всплесков в β - и γ - фонах. Провести регрессионный анализ зависимости плотности потока β - излучения и мощности амбиентного эквивалента γ - излучения от

	интенсивности осадков. Провести моделирование влияния дождевых осадков на временную динамику объемной активности дочерних продуктов распада изотопов радона и плотности потоков β - и γ -излучений. Сделать соответствующие выводы.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	доцент кафедры МЕН Верховская М.В.
Социальная ответственность	ассистент кафедры ПФ Гоголева Т.С.
Иностранный язык	старший преподаватель кафедры ИЯ ФТИ Ермакова Я.В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Ионизирующие излучения и дождевые осадки

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	02.02.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ4А	Рябкина К.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 103 страницы, 35 рисунков, 13 таблиц, 68 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: дождевые осадки, радиационный фон, приземная атмосфера, радон, торон, ионизирующее излучение.

Объектом исследования являются поля β - и γ - излучений в синхронном эксперименте во время дождевых осадков.

Цель работы – исследовать пространственную и временную динамику атмосферных полей β - и γ - излучений в синхронном эксперименте во время дождевых осадков.

В процессе работы выполнен статистический анализ осадков и всплесков в β - и γ - фонах. Проведен регрессионный анализ зависимостей плотности потока β - излучения и мощности дозы амбиентного эквивалента γ - излучения от интенсивности осадков. Проведено моделирование влияния дождевых осадков на временную динамику объемной активности дочерних продуктов распада изотопов радона и плотности потоков β - и γ - излучений.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

МРЛ – метеорологический радиолокатор

ТОРИИ – Томская обсерватория радиоактивности и ионизирующих излучений

ДПР – дочерние продукты распада

ИМКЭС – Институт мониторинга климатических и экологических систем

НТИ – научно-техническое исследование

НИП – научно-исследовательский проект

ТЗ – техническое задание

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина

ИИ – ионизирующее излучение

ОА – объемная активность

ЭРОА – эквивалентная равновесная объемная активность

ПП – плотность потока

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты, нормы и правила:

ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация // Справочная правовая система Консультант плюс.

СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы и правила Российской Федерации. - М.: Изд-во стандартов, 1995. -30 с.

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы // Справочная правовая система Консультант плюс.

ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов // Справочная правовая система Консультант плюс.

СНиП 21-01-97 – Пожарная безопасность зданий и сооружений // Справочная правовая система Консультант плюс.

Оглавление

Введение.....	10
1. Ионизирующие излучения и дождевые осадки.....	12
1.1 Радиоактивность атмосферы и ее измерение.....	12
1.2 Измерение характеристик дождевых осадков.....	18
2. Объект и методы исследований.....	29
3. Исследование влияния дождевых осадков на радиационный фон атмосферы.....	Ошибка!
Закладка не определена.	
3.1. Моделирование динамики радиационных величин во время дождя.....	41
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	45
4.1 Предпроектный анализ.....	45
4.1.1 Анализ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения конкурентных технических решений.....	46
4.1.2 SWOT-анализ.....	47
4.2 Планирование управления научно-техническим проектом.....	49
4.2.1 Иерархическая структура работ проекта.....	49
4.2.2 Контрольные события проекта.....	49
4.2.3 План проекта.....	50
4.3 Бюджет научно-технического исследования.....	52
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования.....	52
4.3.2 Расчёт амортизации оборудования для экспериментальных работ.....	54
4.3.3 Затраты на оплату труда исполнителей научно-технического исследования.....	55
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды.....	57
4.3.5 Расчет затрат на научные и производственные командировки.....	57
4.3.6 Контрагентные расходы.....	58
4.3.7 Накладные расходы.....	58
4.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	58
4.5 Организационная структура проекта.....	59
4.6 Матрица ответственности.....	60
4.7 Определение ресурсной эффективности исследования.....	61
4.8 Заключение.....	63
5. Социальная ответственность.....	64 Ошибка! Закладка не определена.
5.1 Характеристика условий труда.....	64 Ошибка! Закладка не определена.
5.2 Требования к ПЭВМ и организация работы.....	65

5.2.1	Организационные мероприятия.....	65	Ошибка! Закладка не определена.
5.2.2	Технические мероприятия.....	66	Ошибка! Закладка не определена.
5.3	Анализ выявленных вредных факторов	68	Ошибка! Закладка не определена.
5.3.1	Микроклимат.....	68	Ошибка! Закладка не определена.
5.3.2	Шум и вибрация.....	69	Ошибка! Закладка не определена.
5.3.3	Освещение.....	70	
5.3.4	Электромагнитное поле.....	70	Ошибка! Закладка не определена.
5.3.5	Ионизирующее излучение.....	71	Ошибка! Закладка не определена.
5.4	Анализ выявленных опасных факторов	71	Ошибка! Закладка не определена.
5.4.1	Электробезопасность.....	71	Ошибка! Закладка не определена.
5.4.2	Пожарная безопасность.....	74	Ошибка! Закладка не определена.
5.5	Заключение.....	76	Ошибка! Закладка не определена.
	Заключение.....	77	Ошибка! Закладка не определена.
	Список публикаций студента	78	
	Список использованных источников.....	79	Ошибка! Закладка не определена.

Введение

В настоящее время атмосферные радионуклиды, почвенные радиоактивные газы и ионизирующие излучения является широко используемыми и перспективными радиоактивными трассерами динамических процессов, протекающих в верхних слоях литосферы и приземной атмосфере [1-3], в т.ч. опасных природных явлений [4, 5]. Это обусловлено их отличными индикаторными свойствами и в большинстве случаев простой и экономичной процедурой контроля, по сравнению с не радиоактивными трассерами. В связи с этим государственные структуры и научные коллективы проводят радиационный мониторинг приземной атмосферы и исследуют динамику активности некоторых радионуклидов в грунте [6, 7]. К настоящему моменту накоплены большие базы данных, как в России, так и за рубежом [8-12]

В существующих государственных системах радиационного мониторинга непрерывно измеряется только один параметр – мощность дозы γ -излучения. Остальные радиационные величины, такие как объемная активность радона, β -излучающих радионуклидов, плотность потока радона с поверхности грунта, измеряются при эпизодическом контроле.

Атмосферный γ -фон не является постоянной величиной, а изменяется в зависимости от географического расположения места наблюдения, высоты над земной поверхностью, сезона года и времени суток. Некоторые вариации γ -фона связывают с атмосферным радоном, суточной динамикой температуры и атмосферной турбулентностью [10], и объясняют их следующим образом. Радон, выходящий ночью из грунта, остается около земной поверхности пока воздух холодный, при этом γ -излучающие дочерние продукты распада (ДПР) радона увеличивают общий γ -фон приземной атмосферы. Днем, под действием солнечных лучей воздух нагревается, что приводит к снижению концентрации радона у земной поверхности и, соответственно, γ -фона.

Наибольшую проблему представляют аномальные всплески в вариациях атмосферного γ -фона, которые регистрируются во время выпадения дождевых осадков [8, 9, 13]. Осадки, как отмечено в работах [8–10] играют главную роль в вариациях, масштаб которых меньше суточного, атмосферного γ -фона и приводят к кратковременным скачкообразным увеличениям (всплескам) в регистрируемых характеристиках поля γ -излучения на 125% [8] и даже до 7 раз [9]. Для описания этого феномена за рубежом даже придумали специальный термин «radon washout» [14], означающий вымывание γ -излучающих дочерних продуктов распада радона и торона осадками на земную поверхность. Исследования связи между интенсивностью осадков и величиной всплеска мощности дозы γ -излучения до сих пор не дали ожидаемых результатов – значимой связи не было выявлено [8, 9]. Также ранее никем не изучалось влияние осадков на поведение других видов ионизирующих излучений. Хотя, их различная проникающая способность могла бы помочь в анализе и интерпретации данных наблюдений.

Целью данной работы являлось исследование пространственной и временной динамики атмосферных полей β - и γ -излучений в синхронном эксперименте во время дождевых осадков.

Задачи:

- изучить методы и приборы для регистрации ионизирующего излучения;
- изучить приборы и методы для измерения характеристик дождя;
- выполнить статистический анализ осадков и всплесков в β - и γ -фонах;
- провести регрессионный анализ зависимостей плотности потока β -излучения и мощности дозы амбиентного эквивалента γ -излучения от интенсивности осадков;
- провести моделирование влияния дождевых осадков на временную динамику объемной активности дочерних продуктов распада изотопов радона и плотности потоков β - и γ -излучений.

1. Ионизирующие излучения и дождевые осадки

1.1 Радиоактивность атмосферы и ее измерение

Все живые существа, постоянно подвергаются воздействию ионизирующей радиации путем внешнего и внутреннего облучения от естественных (космическое излучение и природные радиоактивные вещества) и искусственных (отходы атомной промышленности, радиоактивные изотопы, используемые в биологии, медицине, сельском хозяйстве и др.) источников ионизирующих излучений.

Радиационный фон включает в себя ионизирующие излучения от природных источников земного и космического происхождения, а также от искусственных радионуклидов, рассеянных в биосфере в результате деятельности человека [15]. В радиационный фон не входит излучение, применяемое с лечебными и диагностическими целями.

Естественный радиационный фон является основным компонентом радиационного фона. Источниками естественного радиационного фона являются ионизирующие излучения от внешних источников неземного происхождения (космических излучений), внешних естественных источников земного происхождения (присутствующих в земной коре, воде, воздухе), а также от внутренних источников (радионуклидов естественного происхождения, которые содержатся в организме человека). От естественных источников радиации мы получаем 78% облучения [16].

Наблюдаются локальные аномалии в отдельных районах Индии, Бразилии, Ирана, Египта, а также на территории США, Франции, стран СНГ. Они являются следствием геологических процессов, когда в результате интенсивной вулканической деятельности и горообразования тяжелые естественные радионуклиды, прежде всего уран и торий, а также продукты их распада переместились из недр на поверхность Земли. Поэтому одни из жителей Земли получают более значительные дозы, чем другие, в зависимости от того, где они живут. В Белоруссии средняя эквивалентная доза облучения от

естественных источников составляет 2,4 мЗв/год. В некоторых районах Бразилии эта доза достигает 10мЗв в год [17], а в штате Кералла (Индия) даже до 28 мЗв/год, а в городе Рамзар (Иран), известного как место с наивысшей концентрацией естественной радиации, до 260 мЗв/год [18].

В настоящее время существует множество методов регистрации ионизирующих излучений. Выбор метода зависит от вида излучения и от того, какую информацию в итоге необходимо получить: обнаружить излучение, определить активность, измерить энергию частиц и т. д. В соответствии с поставленными задачами выбирают метод регистрации и тип измерительных приборов. Радиометры используют для измерения активности и плотности потоков ионизирующих излучений, дозиметры – для определения дозы излучений, спектрометры – для нахождения распределения излучения по энергии, заряду, массе.

Прибор для регистрации ионизирующих излучений состоит из детектора (датчика) и измерительной аппаратуры. В детектор входит вещество, с которым взаимодействуют частицы, и преобразователь эффектов взаимодействия в регистрируемые величины (импульсы, ток, химический осадок и т. д.), которые фиксируются измерительной аппаратурой.

К наиболее часто применяемым методам регистрации относятся следующие: ионизационные, сцинтилляционные, химические и фотографические.

Ионизационный метод основан на измерении величины заряда ионов, возникающих под действием ионизирующего излучения, т.е. на регистрации эффекта ионизации. Измерить ионизационный эффект можно при помощи электрического поля, которое препятствует рекомбинации ионов и придает им направленное движение к соответствующим электродам.

В качестве детекторов используют пропорциональные счетчики, ионизационные камеры, счетчики Гейгера-Мюллера, полупроводниковые детекторы и др. Эти детекторы, кроме полупроводниковых, представляют

собой наполненные газом баллоны с двумя вмонтированными электродами. К электродам подведено напряжение постоянного тока. Детектор включается в электрическую цепь. При прохождении ионизирующей частицы через газовую среду образуются ионы, которые затем собираются на электродах. Отрицательные ионы движутся к аноду, а положительные – к катоду. Таким образом, в электрической цепи образуется ионизационный ток, по которому можно судить об интенсивности излучения или отсчитывать число зарегистрированных частиц.

Ядерное излучение наряду с ионизацией, взаимодействуя с веществом, производит возбуждение атомов и молекул. Возбужденные атомы и молекулы через некоторое время переходят в невозбужденное состояние с выделением энергии во внешнюю среду. Такой переход у некоторых веществ (сернистый цинк, стильбен, йодистый натрий, антрацен, и др.) сопровождается испусканием энергии возбуждения, в виде квантов видимого ультрафиолетового и инфракрасного света. Внешне это проявляется в виде вспышек света – сцинтилляций, которые можно зарегистрировать с помощью сцинтилляционных детекторов, которые преобразуют энергию света в электрический сигнал с помощью оптически связанного фотоэлектронного умножителя. В настоящее время известно много различных сцинтилляторов – жидких, твердых, газообразных и в виде порошков различной плотности. Это позволяет подобрать необходимый детектор для наиболее эффективной регистрации любого ионизирующего излучения в широком диапазоне энергий. На регистрации возникающих в определенных веществах при облучении их ионизирующими излучениями сцинтилляций и основаны оптические методы.

Химические методы основаны на том, что часть поглощенной энергии излучения переходит в химическую и это вызывает цепь химических превращений. По выходу химических реакций определяют наличие излучения и его интенсивность. Например, при облучении водного раствора FeSO_4 ионы

двухвалентного железа Fe^{2+} превращаются в ионы трехвалентного железа Fe^{3+} . Одновременно изменяется электрический потенциал и окраска раствора.

При использовании химических методов следует подбирать в качестве детекторов такие вещества, химические изменения в которых пропорциональны дозе или интенсивности ионизирующего излучения.

Фотографические методы основаны на способности разлагать излучением галогениды серебра $AgCl$ или $AgBr$ до металлического серебра. В результате такого взаимодействия вдоль трека (следа прохождения) α - и β - частиц выделяются зерна серебра и при проявлении фотопластики виден след пробега ядерных частиц в виде почернения. По характеру следа прохождения можно определить вид, интенсивность и энергию излучения.

Различные характеры взаимодействия излучений с веществом и различные пробеги являются причинами, по которым невозможно сконструировать универсальный детектор, который одинаково хорошо регистрировал бы α - и β - частицы, γ - кванты. Легче всего зарегистрировать проникающее γ - излучение. Для этого хорошо использовать счетчики Гейгера-Мюллера и сцинтилляционные детекторы с кристаллическими сцинтилляторами большой плотности.

Для регистрации β - излучения применяют ионизационные детекторы с очень тонкими стенками или жидкие или пластмассовые сцинтилляторы. α -излучение тяжело регистрировать из-за малого пробега в веществе. В этом случае чаще всего используют ионизационные методы, но при этом детекторы особых конструкций – открытые газовые или специальные полупроводниковые детекторы.

Существуют некоторые требования при регистрации ионизирующих излучений к измеряемым образцам. В образцах, которые испускают β - частицы, регистрация будет происходить только с верхнего тонкого слоя; все остальное β - излучение, не достигая детектора, поглощается в самом образце. Поэтому β -излучающие образцы должны быть или очень тонкие или бесконечно толстые.

Радиометрия α - радионуклидов возможна только с очень тонкой пленки, В этом случае перед измерением необходимо провести радиохимическую обработку образца: его предварительно сжигают, растворяют, выделяют α - излучающий радионуклид, который осаждают на подложку тонким слоем. В случае γ -излучающих образцов особых требований не существует.

Активность также определяют, регистрируя радиоактивное излучение, которое сопровождает распад. Но так как для каждого вида излучения необходим отдельный детектор, активность можно определить только в том случае, когда известен состав радионуклидов в образце и число соответствующих частиц или квантов, которые излучаются при одном акте распада. Например, Cs-137, который распадается, излучая β - частицу и γ - квант, можно регистрировать как β - радиометром (с поправкой на эффективность к гамма-излучению), так и γ - радиометром. При радиометрии Sr-90 необходимо помнить, что данный радионуклид излучает только β - частицы, причем при распаде образуется Y-90, который также испускает β - частицы, поэтому в образце всегда присутствуют два этих радиоизотопа.

Радиоактивность атмосферы Земли связана как с естественными (изотопы радона и продукты их распада, тритий, ^{14}C , входящий в состав углекислого газа и метана и др.) так и техногенными (криптон - 83, ксенон-133, тритий) факторами. Естественная радиоактивность воздуха обусловлена выделением из почв газообразных продуктов радиоактивных семейств урана-радия и тория - радона-222, радона-220 (торона), радона-219 (актинона) и дочерними продуктами их распада, находящимися, главным образом, в аэрозольной форме.

Торон в воздухе содержится в значительно меньших количествах. Дочерние продукты распада радона и торона находятся в воздухе в виде золь, причем отношение их концентраций к концентрации самих эманаций составляет 0,9-0,4, снижаясь до 0,1 и менее после дождей. Содержание космогенных радионуклидов в приземном слое воздуха крайне

незначительно [19].

В окружающую среду радон поступает из различных источников. Большая часть выделяется из скальных пород в земной коре и переносится к поверхности потоками грунтовых вод.

Атмосферный радон (его изотопы и дочерние продукты распада), согласно [20, 21-24], влияет на атмосферные поля ИИ и представляет собой источник «вариативной» компоненты, а почвенные радионуклиды – источник «постоянной» компоненты атмосферных полей излучений. Но степень влияния и вклад различных природных источников ИИ в суммарные атмосферные поля при этом никем детально не прорабатывался.

Поля разных видов ионизирующих излучений образуются из разных компонент (атмосферные, почвенные радионуклиды, космическая радиация). Например, поле β - излучения в приземной атмосфере складывается из β - излучений почвенных и атмосферных радионуклидов, в т.ч. β - излучающих продуктов распада радона и торона. Динамика одной компоненты накладывается на динамику другой, и разделение данных по разным компонентам – сложная задача.

Перенос газов и аэрозолей в атмосфере осуществляется посредством молекулярной и турбулентной диффузии, ветровыми потоками воздуха. К механизмам удаления радиоактивных газов и аэрозолей из атмосферы можно отнести их радиоактивный распад, осаждение под действием силы тяжести или посредством диффузии на земную поверхность и поверхности объектов окружающей среды, и вымывание осадками [25]. На перенос радионуклидов также оказывает влияние резкая смена погодных условий [26].

Продукты распада радона и торона находятся в приземной атмосфере в свободном (в виде кластеров) и связанном, т.е. присоединенном к нерадиоактивным аэрозолям, состояниях [27-31].

Удаление радиоактивных частиц и газов из атмосферы через выпадение осадков (вымывание) зависит от сложных микрофизических и

микрoхимических процессов, которые являются функцией условий как внутри, так и вне несущих природные облака слоев [32-37]. К ним относятся образование капель на ядрах конденсации, диффузия газов и твердых частиц. Размер частиц, вымываемых морозящим дождем находится в пределах от нескольких мкм до десятков мкм. Около 75–80% аэрозольных частиц размером 10 мкм удаляются из атмосферы дождем, который шел 1 ч с интенсивностью 2,5 мм/ч [32].

Удаление из атмосферы посредством сухого выпадения играет большую роль в пределах лежащего у поверхности слоя, где переносимая ветром радиоактивность может приходить в контакт с поверхностью посредством различных механизмов. Это диффузия, гравитационное оседание, столкновения, захват, электростатические эффекты, диффузиофорез и термофорез. Эти процессы чрезвычайно сложны и мало изучены, поэтому их обычно моделируют через скорость осаждения, которую определяют как поток осаждаемого вещества, деленный на концентрацию в воздухе.

1.2 Измерение характеристик дождевых осадков

На метеостанциях круглосуточно проводятся регулярные наблюдения за состоянием атмосферы и атмосферными процессами, в том числе отслеживаются изменения отдельных метеорологических элементов (температуры, давления, влажности воздуха, скорости и направления ветра, облачности и осадков и т.д.). На станциях имеются метеорологическая площадка, где расположены основные метеорологические приборы, и закрытое помещение для обработки наблюдений. Метеорологические станции страны, области, района составляют метеорологическую сеть [38].

С помощью приборов измеряются следующие характеристики осадков:

- количество, мм;
- вид;

- интенсивность, мм/мин;
- продолжительность, ч и мин.

Для измерения количества атмосферных осадков применяется метод, заключающийся в измерении толщины слоя воды, который образовался бы на горизонтальной поверхности при отсутствии просачивания, стекания и испарения. Атмосферные осадки в зависимости от их фазового состояния разделяются на следующие группы: жидкие – дождь и роса; твердые – снег, град, крупа, иней и гололед; смешанные. Количество осадков измеряется с точностью до 0,1 мм высоты слоя воды (если осадки твердые, то их растаивают в теплом помещении). Вид осадков определяется визуально.

Для измерения количества выпадающих на горизонтальную поверхность жидких и твердых осадков применяются осадкомеры. Чаще всего используют осадкомер Третьякова (рисунок 1.1). Он состоит из двух специальных сменных ведер, с калиброванным сечением отверстия 200 см², высотой 40 см и планочной защитой от ветра. Осадкомер устанавливается на столбе таким образом, чтобы верхний срез ведра был расположен на высоте 2 м.

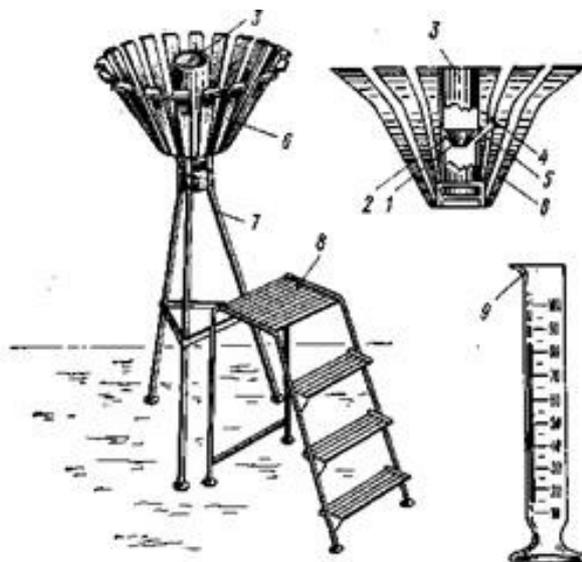


Рисунок 1.1 – Осадкомер Третьякова:

1 – воронка; 2 – диафрагма; 3 – ведро; 4 – колпачок; 5 – носик; 6 – планочная защита; 7 – подставка; 8 – лесенка; 9 – измерительный стакан.

Количество осадков измеряется два раза в сутки независимо от того, выпадали осадки или нет. Затем вычисляется сумма осадков за сутки. Измерение заключается в том, что наблюдатель берет второе пустое ведро на станции и заменяет им стоящее на установке. Закрыв его крышкой, он приносит ведро осадкомера в помещение и измеряет количество осадков с помощью мерного стакана. Цена деления мерного стакана 2 см^3 , поэтому одно деление стакана соответствует $0,1 \text{ мм}$ осадков ($2 \text{ см}^3 / 200 \text{ см}^2 = 0,01 \text{ см}$), а стакан имеет сто делений. Осадкомер Третьякова О-1 состоит из сосуда для сбора осадков, ветровой защиты и мерного стакана.

Ветровая защита предназначена для уменьшения завихрений, образующихся при ветре вокруг и внутри осадкомерного сосуда. Завихрения мешают свободному попаданию осадков в сосуд, что приводит к погрешности измерений (так называемый ветровой недоучет осадков).

Количество осадков, попавших в сосуд, измеряют с помощью специального мерного стакана. В комплект осадкомера входят два сменных ведра (осадкосборных сосуда), одна крышка к ведру, таган для установки ведра, планочная защита и два измерительных стакана. Ведро осадкомера металлическое, высотой 40 см , с приемным отверстием 200 см^2 . Верхний край ведра упрочен жестким кольцом, что обеспечивает сохранность формы и площади приемного отверстия. Осадкомер вмещает $3,8 \text{ л}$ воды, что соответствует 190 мм осадков (до сливного носика). Внутри ведра впаяна диафрагма. Летом для уменьшения испарения осадков в отверстие диафрагмы вставляется воронка с небольшим отверстием. Ведро имеет носик для слива собранных осадков, который закрывается колпачком. Ведро ставится в таган на выступы его ножек. Таган крепится болтами к столбу или подставке.

Ветровая защита состоит из 16 трапециевидных изогнутых по определенному профилю планок, подвешенных за ушки на металлическом кольце, которое с помощью четырех (трех) кронштейнов крепится вместе с

таганом к столбу. Планки расположены на равном расстоянии друг от друга и скреплены между собой цепочками. Такое крепление позволяет им колебаться от порывов ветра. Верхние края планок должны находиться в одной горизонтальной плоскости с приемной поверхностью осадкомера. Измерительный стакан служит для измерения осадков, попавших в ведро осадкомера. Его шкала имеет 100 делений. Цена деления 2 см^3 , что при площади приемного отверстия 200 см^2 соответствует 0,1 мм слоя осадков.

Осадкомер устанавливается на метеорологической площадке на деревянном столбе или на металлической подставке так, чтобы приемная поверхность находилась на высоте 2 м над поверхностью земли. В районах, где высота снежного покрова бывает выше 1 м, для установки осадкомера на зимний период необходимо иметь второй столб на 1 м выше столба, используемого в обычных условиях. Осадкомер следует переставлять на запасной столб при высоте снежного покрова более 60 см. Необходимо следить также за тем, чтобы снег не задерживался на планках защиты осадкомера, что особенно часто случается при выпадении мокрого снега. Количество собранных осадкомером осадков измеряется в установленные сроки (в особо оговоренных случаях – при сухой погоде или сильнейших ливнях – могут быть отступления от этих правил).

В срок наблюдения наблюдатель приносит из помещения станции пустое ведро, закрытое крышкой, и заменяет им ведро, стоящее на тагане осадкомера. Затем с вновь установленного ведра снимает крышку и закрывает ею снятое ведро с осадками. Собранные осадки измеряются, как правило, в помещении. Через носик ведра воду сливают в измерительный стакан, установленный на горизонтальную поверхность (на столе), и по положению уровня (мениска) воды относительно его шкалы отсчитывают число делений стакана с осадками, округляя до целых делений. Если количество воды меньше половины первого деления стакана или если их в сосуде совсем не оказалось, то количество осадков считают равным нулю, однако учитывают, что осадки в

этот день были, но в малых количествах. Если уровень воды окажется точно на середине первого деления, то отмечают одно деление. Если осадков окажется больше 100 делений, измерение следует производить частями, каждый раз записывая результат, а затем подсчитать и записать сумму. Полученные таким образом данные записываются в книжку КМ-1. Сумму осадков за 12 ч или за сутки вычисляют как сумму результатов измерений за все сроки.

При измерениях количества осадков с помощью осадкомера еще возникает погрешность за счет неучета смачивания ведра жидкими осадками и частично испарения осадков из ведра. Поэтому к результатам измерений в каждый срок вводят инструментальную поправку: для твердых осадков, выпавших в количестве 0,1 мм и более, поправка – +0,1 мм; для жидких и смешанных осадков до 0,5 деления - поправка +0,1 мм; 0,1 мм и более - поправка +0,2 мм.

Количество осадков записывается в книжку КМ-1. В первой из трех граф указывается целое число делений измерительного стакана. В первой же графе через дробь указывается количество осадков в миллиметрах. Во второй графе записывается поправка на смачивание; в третьей - исправленное количество осадков.

Осадкомер суммарный М-70 (рисунок 1.2) предназначен для сбора и последующего измерения количества осадков, выпавших в течение длительного времени. Максимально измеряемое количество осадков 1500 мм.

Осадкомер состоит из приемного цилиндра-трубы (площадь приемного отверстия 500 см²), пластиночной ветровой защиты, резервуара (водосборного сосуда) и основания (подставки). Масса прибора 120 кг.

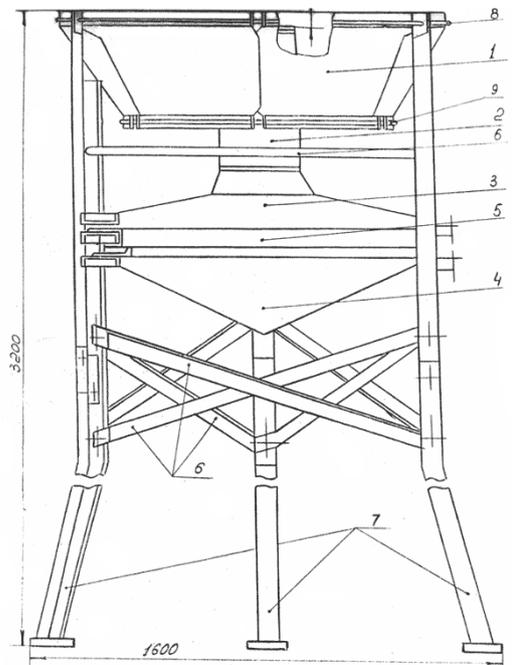


Рисунок 1.2 – Осадкомер суммарный: 1 - пластничатая защита; 2 - приёмный цилиндр; 3 - крышка; 4 - резервуар; 5 - осадкосборник; 6 - распорки; 7 - стойка; 8, 9 – кольцо

Приемный цилиндр имеет калиброванное отверстие, через которое осадки свободно попадают в осадкосборник. Верхняя часть приемного цилиндра окружена свободно подвешенной к стойкам конусообразной ветровой защитой (ее верхний край находится в одной горизонтальной плоскости с краем приемного цилиндра). Приемный цилиндр закреплен в отверстии резервуара на фланце. Резервуар состоит из двух соединяющихся между собой частей: верхней съемной и нижней конусообразной. Основание осадкомера состоит из металлических стоек. Верхняя часть резервуара имеет окно, плотно закрывающееся задвижкой. Оно служит для извлечения осадков при измерении. Для предохранения собранных осадков, когда они находятся в жидком состоянии, от испарения в осадкомер наливают некоторое количество минерального масла.

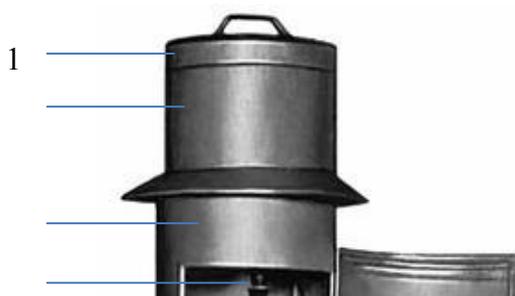
Осадкомер устанавливается на подставке так, чтобы верхний край приемной части осадкомера находился на высоте 2 м от поверхности почвы (снега). В установленные сроки измеряют осадки: для этого с помощью паяльной лампы подогревают нижнюю часть сосуда, если в нем имеются

твердые осадки, до полного их таяния. Если имеется возможность, лед следует осторожно разбить, собрать в какой-либо сосуд и растопить. Затем открывают задвижку окна и с помощью резинового шланга переливают воду в запасной сосуд, а затем измеряют осадки с помощью измерительного стакана. При измерении нужно исключить попавшее в измерительный стакан вместе с осадками масло.

После измерений осадкомер подготавливают для сбора осадков до следующего измерения. В осадкосборный сосуд наливают масло (вместо слитого с осадками) и закрывают задвижку окна.

На ряде станций производится регистрация количества и скорости выпадения (интенсивности) жидких осадков с помощью плювиографа. Количество осадков регистрируется с точностью $\pm 0,1$ мм, а время - ± 1 мин. (что при последующей обработке дает возможность вычислять интенсивность осадков до 0,01 мм/мин за интервал 10 мин.).

Плювиограф П-2 (рисунок 1.3) смонтирован в металлическом кожухе 3 цилиндрической формы. Приемником осадков служит сосуд 2 с приемной площадью 500 см². Конусообразное дно обращено вниз вершиной и имеет несколько отверстий для стока воды. Ко дну припаяна сливная трубка, которая вставляется в воронку трубки 4, идущей от поплавковой камеры 8, укрепленной винтом на плате 9. Внутри камеры находится металлический поплавок с вертикальным стержнем, выходящим через крышку камеры и пропущенным через Г-образный кронштейн (укреплен на крышке). На стержне с помощью колодки закреплена стрелка, оканчивающаяся пером 6. Сбоку камеры 7 имеется трубка, в которую с помощью медной гильзы вставляется стеклянный сифон 10 для слива осадков. На крышке поплавковой камеры 7 укреплен механизм принудительного слива 5. Он обеспечивает начало слива воды строго при определенном уровне заполнения камеры независимо от интенсивности выпадения осадков.



2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Рисунок 1.3 – Плювиограф П-2:

1 - крышка; 2 - приемный сосуд; 3 - кожух; 4 - трубка с воронкой; 5 - механизм принудительного слива; 6 - перо; 7 - поплавковая камера; 8 - стойка; 9 - плата; 10- сифон; 11 - водосборный сосуд

На дне кожуха устанавливается сосуд 11, в который через сифон сливаются осадки из камеры 7. Осадки, попавшие в сосуд 2, стекают по сливной трубке цилиндрического сосуда и попадают в камеру 7. Поплавок, находящийся в ней, поднимается. Перо, поднимаемое поплавком, чертит на ленте, надетой на барабан, кривую, угол наклона которой тем больше, чем интенсивнее осадки. Когда вода в поплавковой камере достигнет определенного уровня, должен начаться ее слив из камеры. Для повышения надежности слива в плювиографе П-2 применяется механизм принудительного слива. В момент достижения заданного уровня воды в поплавковой камере автоматически начинает действовать механизм принудительного слива, ударом погружая поплавок и резко этим повышая уровень воды в камере, что обеспечивает полное заполнение сифона и быстрый слив воды из камеры.

Плювиограф устанавливается на метеорологической площадке на деревянном столбе или металлической подставке с таким расчетом, чтобы верхний край прибора находился на высоте 2 м над поверхностью земли. Сначала устанавливается корпус (кожух) с приемником осадков. Верхний край приемника осадков должен быть в строго горизонтальном положении. Корпус укрепляется с помощью трех проволочных оттяжек. Сборку регистрирующей части прибора надо производить в следующем порядке:

- установить поплавковую камеру так, чтобы воронка трубки 4 находилась точно под нижним концом сливной трубки приемного сосуда, и с помощью специального винта снизу накрепко привинтить ее к плате;
- подготовить к работе механизм принудительного слива;
- вставить сифонную трубку в боковую трубку поплавковой камеры так, чтобы металлическая гильза сифона плотно вошла в трубку, а упорная муфта сифона дошла до гайки трубки, и зажать ее гайкой с кольцевой резиновой прокладкой;
- надеть ленту на барабан часового механизма, завести механизм и установить его на часовую ось.

При установке механизма на ось соблюдать осторожность в момент сцепления ведущей трубки с зубчатым колесом. Наполнить перо чернилами и придвинуть с помощью арретира стрелку с пером к ленте. Надежность работы регистрирующего устройства плювиографа проверяется регулярно. Для этого в приемный сосуд наливают чистую воду и делают искусственный слив через сифон. После слива перо должно опуститься до нулевого деления на ленте с точностью $\pm 0,5$ деления (0.1 мм осадков). Отклонение стрелки от нуля более чем на 0,5 деления устраняют перемещением стрелки по оси поплавка. Затем медленно наливают воду в приемный сосуд (в объеме 100 делений измерительного стакана) и следят за движением пера. Если стержень поплавка не движется плавно, следует проверить, находится ли стойка кронштейна в

строго вертикальном положении, а также очистить направляющую отверстия и стержень от загрязнения. При подходе пера к верхнему делению ленты воду льют каплями. При совпадении пера с 50-м делением ленты (10 мм осадков) должен сработать механизм принудительного слива. Если слив происходит при положении пера ниже или выше 50-го деления, следует изменить положение упорного винта, ограничивающего норму заполнения поплавковой камеры. Если вода через сифон не сливается полностью, то в этом случае или сифон загрязнен, или в него попал воздух. Попадание в сифон воздуха обусловлено тем, что медная гильза недостаточно плотно входит в боковую трубку или между гильзой и стеклянной трубкой сифона имеется зазор. Чтобы гильза плотно держалась в боковой трубке, нужно заменить положенную под зажимающую гайку резиновую прокладку. Зазоры между гильзой и стеклянной трубкой заливаются сургучом или другой затвердевающей замазкой. Если у-фон загрязнен, его нужно вынуть из поплавковой камеры, промыть мыльной, а затем чистой водой. Слив исправно работающего пювиографа должен продолжаться примерно 17–20 с. Перо при этом должно прочерчивать на ленте вертикальную линию (параллельную часовым линиям). Отклонение линии слива в сторону может быть вызвано:

- загрязнением или неправильным изгибом трубки сифона;
- неправильным наложением ленты;
- невертикальным положением оси барабана или поддерживающей его стойки.

Для устранения наклона необходимо ослабить винт, крепящий поплавковую камеру, подложить с одной стороны тонкую металлическую пластинку и закрепить винт. Если перо при продолжительном отсутствии осадков начинает опускаться ниже нулевой линии, в приемный сосуд следует подлить небольшое количество воды. Если после окончания дождя перо не дошло до линии, обозначенной числом 10 (но находится не ниже линии, оцифрованной 7), т. е. естественный слив не произошел, то в ближайший срок

наблюдений (не дожидаясь срока смены ленты) следует сделать искусственный слив. Для этого нужно медленно доливать воду из измерительного стакана в приемный сосуд до тех пор, пока не начнет действовать сифон. После слива на лицевой стороне ленты данного дня следует записать количество долитой воды и время. При искусственном сливе перо ленты не отводится.

Для получения общей картины пространственного распределения осадков на площади до 150 тыс. км² из одного пункта за несколько минут при большом пространственном и временном разрешении используются радиолокаторы.

Радиолокационная информация об осадках получается с помощью пространственного и временного усреднения (в импульсном объеме, объеме и площади измерений). Она зависит от характера колебаний усредняемых величин во времени и пространстве.

При измерении количества и интенсивности осадков МРЛ является относительным прибором, который нуждается в постоянной тарировке для перехода к абсолютным результатам. Согласование проводилось по полусуточным и суточным данным об осадках наземной дождемерной сети. Коэффициенты согласования и перехода рассчитывались и по декадным, и по сезонным данным [39]. С появлением телеметрических дождемеров и объединением их информации с информацией МРЛ коэффициенты согласования могут определяться за 1 ч, за 3 ч и за дождь в целом [40, 41].

Автоматизированный МРЛ занижает в целом количество осадков по сравнению с данными наземной дождемерной сети. Однако другие достоинства, позволяют потребителям мириться с этим недостатком информации МРЛ об осадках [42 - 44].

2. Объект и методы исследований

Научным коллективом [11] был предложен комплексный подход к радиационному мониторингу, технология которого постоянно совершенствуется. Радиационный мониторинг включает в себя синхронные непрерывные автоматизированные с высокой частотой дискретизации измерения характеристик полей ионизирующего излучения (α -, β -, и γ -излучения) и естественной радиоактивности (радон, торон и дочерние продукты их распада) в системе "грунт-приземная атмосфера".

С целью мониторинга структуры и динамики характеристик радонового поля (плотности потоков радона и торона с поверхности земли, объемная активность радона, торона и их дочерних продуктов распада (ДПР)) и полей ионизирующих излучений в системе «литосфера-атмосфера-космос» была создана Томская обсерватория радиоактивности и ионизирующих излучений (ТОРИИ) (Академгородок, г. Томск). На настоящий момент ТОРИИ включает лабораторию дозиметрии (10-й корп. ТПУ) и 2 экспериментальные площадки, расположенные на прилегающей к зданию ИМКЭС СО РАН территории и на мезонине здания.

На экспериментальной площадке ТОРИИ с конца 2008 г. и по настоящее время ведется контроль характеристик полей α -, β - и γ - излучений на серии высот 10 см, 1, 5, 10, 25, 30 и 35 м в приземном слое атмосферы, и на серии глубин 10, 20, 50 см, 1 и 5 м в грунте, согласно схеме (рисунок 2.1).

Экспериментальная площадка (рисунок 2.2) расположена во внутреннем дворе ИМКЭС и на мезонине здания ИМКЭС и просматривается тремя видеокамерами в режиме реального времени.

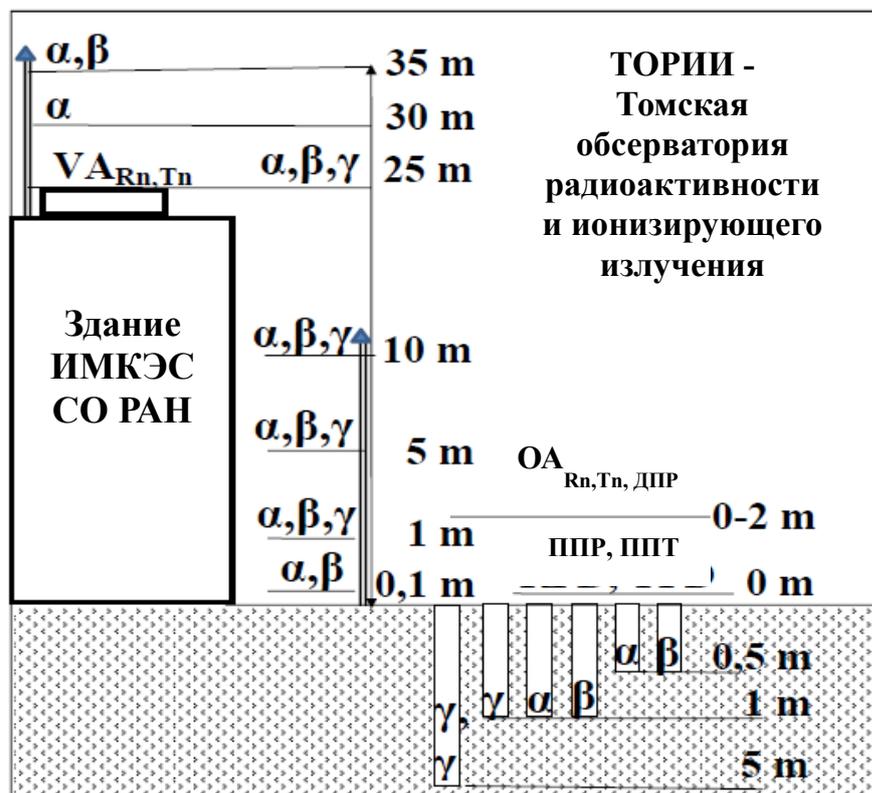


Рисунок 2.1 – Схема алгоритма контроля структуры и динамики полей ионизирующих излучений и естественной радиоактивности в приземной атмосфере и поверхностном слое грунта



Рисунок 2.2 – Внешний вид экспериментальной площадки ТОРИИ

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

Универсальный комплекс включает лабораторный стенд «AtRad», состоящий из стандартной метеорологической мачты высотой 10 м, к которой при помощи хомутов прикреплены газоразрядные счетчики β - и γ - излучений и сцинтилляционные детекторы ИИ. Счетчики при помощи коаксиальных 50-омных кабелей соединены с устройством питания и преобразования импульсов излучения в TTL формат. Импульсы, сформированные в TTL форму, передаются в восьми канальное счетное устройство. В роли сборщика данных выступает восьми канальный АЦП, работающий в счетном режиме, выполненный в виде РСІ платы, производимой компанией “Парсек” г. Дубна, и работающий совместно с ЭВМ.

К каждому из 4-х газоразрядных счетчиков, расположенных на метеорологической мачте на 4-х высотах, измеряющих $\beta+\gamma$ - излучение, добавлены однотипные счетчики, закрытые алюминиевым и пластиковым корпусами, и измеряющие только γ - излучение. Таким образом, можно выделять "чистый" β - фон, по разности скорости счета импульсов между парными счетчиками, расположенными на одной высоте, и одновременно

получать временные ряды данных о γ - и β - излучениях с частотой дискретизации 2 мин.

Для регистрации α - излучения выбрали высокочувствительные сцинтилляционные интеллектуальные блоки детектирования БДПА-01, предназначенного для измерения плотности потока α - частиц от 0,1 част/(мин·см²) в диапазоне энергий 3–7 МэВ, производство АТОМТЕХ, Беларусь. Основная погрешность измерения: в диапазоне 0,1–1 част/(мин·см²) составляет ± 50 %; в диапазоне 1–10⁵ част/(мин·см²) составляет ± 20 %.

Поскольку на формирование фона ионизирующей радиации оказывают влияние интенсивность космических лучей, то для их оценки использовались данные нейтронного монитора обсерватории Ключи АСЭ ГФ РАН (Новосибирская обл.), зарегистрированные с тактом 1 минута.

Дополнительно, для измерения объемной активности изотопов радона и дочерних продуктов их распада используются радиометры радона РРА-01М-03 и РГА-06П (РФ), радиометр ЭРОА радона РАМОН-01Н (Казахстан) и радиометр ОА радона и торона и ДПР RTM 2200 (фирма SARAD, Германия).

База данных мониторинга по характеристикам полей ионизирующей радиации и радиоактивности охватывает временной интервал с 2009 года по настоящее время.

Параллельно, на базе ИМКЭС ведется мониторинг метеорологических, атмосферно-электрических и актинометрических величин (давление, температура приземного слоя атмосферы, относительная влажность, скорость и направление ветра, температура поверхности и подповерхностные температуры на серии глубин) с помощью автоматизированной информационно-измерительной системы. В её состав включены измерители напряжённости электрического поля атмосферы E «Поле-2», полярных электропроводностей λ_- , λ_+ атмосферного воздуха «Электропроводность-2» и уровня гамма-фона. Приходящая солнечная радиация измеряется пиранометром Kipp&Zonen CM-11

и фотометром NILU-UV-6T [11]. Данные по осадкам были взяты с сайта «Погода в Томске» <http://rp5.ru/8218/ru>.

Общая метеорологическая характеристика анализируемой базы данных мониторинга представлена на рисунке 2.3, на котором приведены вариации в годовом цикле усредненных на 15-ти суточном интервале температуры и давления за 2011 – 2014 гг.

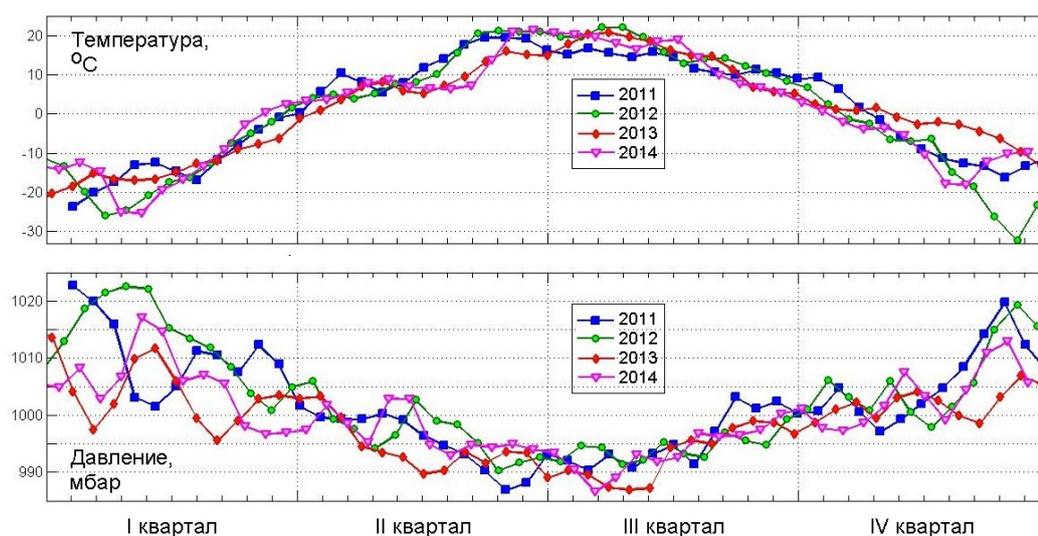


Рисунок 2.3 – Сезонные изменения усредненных температуры и давления в 2011–2014 гг.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Предпроектный анализ

В настоящее время будущее научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Для поиска источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов, оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием.

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

Достижение цели обеспечивается решением задач:

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

4.1.1 Анализ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения конкурентных технических решений

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

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

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Время наработки данных	0.2	5	4	4	0.5	0.4	0.4
2. Помехоустойчивость	0.07	4	4	3	0.5	0.5	0.3
3. Безопасность	0.2	5	5	4	0.4	0.4	0.3
4. Потребность в ресурсах памяти	0.05	5	3	3	0.5	0.3	0.3
5. Функциональность	0.06	5	4	4	0.35	0.3	0.3
6. Простота в эксплуатации	0.09	5	3	4	0.45	0.35	0.3
7.Наличие дорогостоящего оборудования	0.1	5	4	4	0.5	0.4	0.4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность технологии	0.03	5	3	2	0.2	0.2	0.15
2. Цена	0.1	5	3	1	0.4	0.3	0.3
3. Финансирование научной разработки	0.05	3	4	2	0.3	0.3	0.4
4. Наличие сертификации разработки	0.05	4	4	4	0.4	0.4	0.4
Итого	1				4.5	3.85	3.55

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя;

b_i – балл i -го показателя.

В существующих государственных системах радиационного мониторинга непрерывно измеряется только мощность дозы γ - излучения. Разработанная методика проста и экономична по сравнению с конкурентными методами измерения радиационных, так как позволяет измерять плотности потока β - излучения, объемную активность изотопов радона и дочерних продуктов их распада, а также плотность потока радона с поверхности грунта.

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

4.1.2 SWOT-анализ

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

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

Таблица 4.2 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны НИП: С1. Новизна идеи научного исследования. С2. Достаточная надежность установки. С3. Безопасность работы с установкой. С4. Ремонтпригодность каждого отдельного узла установки. С5. Простота эксплуатации установки.</p>	<p>Слабые стороны НИП: Сл1. Отсутствие финансирования. Сл2. Отсутствие у персонала необходимых знаний. Сл3. Большой срок обработки результатов Сл4. Отсутствие осведомленности об исследованиях данного типа. Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих</p>
<p>Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В3. Сотрудничество с рядом новых организаций. В4. Использование устаревших методов конкурентами. В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: 1. Рост спроса на исследования данного типа за счет распространения среди различных организаций и университетов. 2. Приоритет к данному исследованию по сравнению с конкурентами за счет должной надежности и безопасности установки.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: 1. Отсутствие большого числа заказов на проведение исследований. 2. Приоритет конкурентных организаций из-за длительного срока исследований или невыполненных в срок.</p>
<p>Угрозы: У1. Высокая цена технологии. У2. Конкуренция. У3. Отсутствие финансирования со стороны университета и государства. У4. Сложность поставки образцов для исследований. У5. Износ оборудования.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: 1. Осуществление ремонта текущей установки без замены составляющих частей. 2. Устойчивость к борьбе с конкурентами за счет новизны идеи.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»: 1. Невостребованность технологии за счет ее неустойчивой конкурентоспособности. 2. Стагнация исследований из-за отсутствия финансирования.</p>

На основе результатов анализа данной матрицы можно сделать вывод о том, что трудности и проблемы, с которыми так или иначе может столкнуться

данный исследовательский проект можно будет решить за счет имеющихся сильных сторон исследования.

4.2 Планирование управления научно-техническим проектом

4.2.1 Иерархическая структура работ проекта

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



Рисунок 4.1 – Иерархическая структура работ

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей. Иерархическая структура работ – детализация укрупненной структуры работ.

4.2.2 Контрольные события проекта

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

Таблица 4.3 – Контрольные события проекта

№	Контрольное событие	Дата	Результат
1	Разработка ТЗ на ВКР	08.02.2016	Приказ о ВКР
1.1	Составление и утверждение технического задания	11.02.2016	–
2.1	Выбор направления исследования и способов решения задач	17.02.2016	–
2.2	Сбор и изучение научно-технической литературы	22.02.2016 - 28.03.2016	Список литературы
3.1	Разработка методики экспериментальных исследований	30.03.2016	Методика
3.2	Проведение экспериментальных исследований	15.04.2016	Отчет
3.3	Анализ и обработка полученных результатов	15.04.2016-01.05.2016	–
4.2	Оформление пояснительной записки и презентации	10.05.2016-27.05.2016	Пояснительная записка
4.3	Подготовка к защите ВКР	29.05.2016-10.06.2016	–

4.2.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта построим календарный график проекта (таблица 4.4). Продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях в таблице 4.4 обозначено как T_{ki} .

Таблица 4.4 – Календарный план проекта

Код	Название	Тк, кал. дн.	Дата начала и окончания работ	Состав участников
1	Разработка ТЗ на ВКР	4	8.02.2016-12.02.2016	руководитель
1.1	Составление и утверждение технического задания	5	11.02.2016-17.02.2016	руководитель
2.1	Выбор направления исследования и способов решения задач	5	17.02.2016-22.02.2016	руководитель магистрант
2.2	Сбор и изучение научно-технической	35	22.02.2016 -	магистрант

	литературы		28.03.2016	
3.2	Проведение экспериментальных исследований	15	30.03.2016-15.04.2016	руководитель магистрант
3.3	Анализ и обработка полученных результатов	16	15.04.2016-01.05.2016	руководитель магистрант
4.1	Оценка эффективности полученных результатов	10	01.05.2016-10.05.2016	руководитель магистрант

Далее с помощью диаграммы Ганта (таблица 4.5) проиллюстрируем календарный план проекта, на котором протяженными во времени отрезками являются работы по теме, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу

Таблица 4.5 – Календарный план-график в виде диаграммы Ганта

№ Работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал.д н.	Продолжительность выполнения работ															
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Разработка ТЗ на ВКР	руководитель	4	█															
1.1	Составление технического задания	руководитель	5		█														
2.1	Выбор направления исследования и способов решения задач	руководитель, магистрант	5			█													
2.2	Сбор и изучение литературы	магистрант	35					█	█	█									
3.1	Разработка методики экспериментальных исследований	руководитель, магистрант	15									█	█						
3.2	Проведение экспериментальных исследований	руководитель, магистрант	15									█	█						
3.3	Анализ и обработка полученных результатов	руководитель, магистрант	16													█	█		

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения технологического процесса и для упаковки продукции или на другие производственные нужды, запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, оборудования и других средств труда, износ спецодежды и др.;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний;

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} , \quad (4.2)$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{расхi}$ – количество ресурсов i -го вида;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д.

Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, (З _м), руб.	
		М	НР	М	НР	М	НР
Ручка	штук	4	5	15	25	60	125
Бумага	лист	100	10	0,38	0,38	38	3,8
Итого						98	128,8

4.3.2 Расчёт амортизации оборудования для экспериментальных работ

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

Список спецоборудования, необходимого для экспериментальных работ для данной исследовательской работы, его стоимость и срок службы представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Оборудование для экспериментальных работ

Наименование	Модель	Стоимость оборудования, руб	Срок службы, лет
Газоразрядные счетчики γ - и жесткого β - излучения	СТС-6	10000	5
	СБМ-19	15000	5
Высококочувствительные сцинтилляционные интеллектуальные блоки детектирования	БДПА-01	50000	10
	БДПБ-01	48000	10
	БДКГ-03	75000	10

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{аморт}} = C_{\text{об}} / T, \quad (4.3)$$

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

T – срок службы (дней).

$$C_{\text{аморт}1} = (10000 / 1825) = 5,48 \text{руб/дн.}$$

$$C_{\text{аморт}2} = (15000 / 1825) = 8,22 \text{руб/дн.}$$

$$C_{\text{аморт}3} = (50000 / 3650) = 13,7 \text{руб/дн.}$$

$$C_{\text{аморт}4} = (48000 / 3650) = 13,15 \text{руб/дн.}$$

$$C_{\text{аморт}5} = (75000 / 3650) = 20,55 \text{руб/дн.}$$

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

$$C_{\text{аморт(общ)}} = 61,1 \cdot 60 = 3666 \text{руб.}$$

4.3.3 Затраты на оплату труда исполнителей научно-технического исследования

Статья включает основную заработную плату работников, занятых выполнением НИИ, и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.7)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

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;

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

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

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} Z_{\text{осн}} \quad (4.8)$$

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

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4.9)$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.10)$$

где Z_m – месячный должностной оклад, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени, раб. дн. (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель
Календарное число дней	365
Количество нерабочих дней	
- выходные дни	-110
- праздничные дни	-14
Потери рабочего времени	
- отпуск	-42
- невыходы по болезни	-3
Действительный годовой фонд рабочего времени	196

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_0 \cdot k_p, \quad (4.11)$$

где Z_0 – месячный должностной оклад работника, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

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

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

Таблица 4.9 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З ₀ , руб.	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	T _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	30000	1,3	39000	2228,6	32	71315,2
Магистр						16950

Расчет дополнительной заработной платы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 71315,2 = 10697,3, \quad (4.12)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (0,12 – 0,15).

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражены 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.

На 2016 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 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

$$З_{\text{внеб}} = 0,271 \cdot (71315,2 + 10697,3) = 22225,4 \text{ руб.}$$

4.3.5 Расчет затрат на научные и производственные командировки

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов и транспортных тарифов.

Затраты на научные и производственные командировки отсутствовали.

4.3.6 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями.

Контрагентные расходы отсутствовали.

4.3.7 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые расходы, размножение материалов и т.д.

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма подразделов } 1 \div 6) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.14)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16%).

$$Z_{\text{накл}} = 125080,7 \cdot 0,16 = 20012,91 \text{ руб.}$$

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 приведен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	226,8
2. Затраты на оборудование	3666
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей	88265,2
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	10697,3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	22225,4
6. Затраты на научные и производственные командировки	0
7. Контрагентские расходы	0
8. Накладные расходы	20012,91
9. Бюджет затрат НИИ	145093,61

4.5 Организационная структура проекта

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

Разработка организационной структуры проекта включает:

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

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



Рисунок 4.2 – Иерархическая структура работ

4.6 Матрица ответственности

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

Таблица 4.11 – Матрица ответственности

Этапы исследования	Научный руководитель	Субподрядчик от ТОРИИ	Консультант Англ.яз.	Консультант менеджмент	Консультант Соц.отв-ть.	Магистрант
Сбор и изучение научно-технической литературы	О					И
Разработка методики экспериментальных исследований	О	И				И
Проведение экспериментальных исследований	О	У				И
Анализ и обработка полученных результатов	О					И
Оценка ресурсоэффективности и				С		И

ресурсосбережения						
Раздел социальной ответственности					С	И
Перевод раздела на английский язык			С			И
Оформление пояснительной записки и презентации	С					И

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

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

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

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

4.7 Определение ресурсной эффективности исследования

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i, \quad (4.15)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности данного исследования представлен в форме таблицы 4.12.

Таблица 4.12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Параметр	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует потребителям)	0,15	4	4	4
3. Помехоустойчивость	0,25	4	3	3
4. Энергосбережение	0,1	5	5	4
5. Надежность	0,20	5	5	4
6. Материалоемкость	0,15	5	5	5
ИТОГО	1	4,6	4,2	3,75

$$I_{\text{ТП}} = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 = 4,6;$$

$$\text{Аналог 1} = 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 = 4,2;$$

$$\text{Аналог 2} = 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 = 3,75;$$

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_i}{\Phi_{\max}}, \quad (4.16)$$

где Φ_i – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения НТИ (в т.ч. аналоги).

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

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

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

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\Phi}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\Phi}^a}, \quad (4.17)$$

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

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

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} \quad (4.18)$$

Таблица 4.13 – Сравнительная эффективность анализа

Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,2	3,75	4,6
Интегральный показатель эффективности	4,29	3,75	4,95
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,15	1,32	1

4.8 Заключение

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

Таким образом, итоговая себестоимость НТИ составила 145093,61 рублей, основная составляющая, которых – заработная плата исполнителей НТИ. Время, необходимое для выполнения работы, составило 105 календарных дней.

Список публикаций студента

1. Рябкина К.-, Кондратьева А.Г. Развитие технологии радиационного мониторинга в городской среде // Иностранный язык в контексте проблем профессиональной коммуникации: материалы II Международной научной конференции, Томск, 27-29 Апреля 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 64-65, Диплом 1 степени

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

3. Рябкина К.- , Кондратьева А.Г., Яковлева В.С., Нагорский П.М. Выявление закономерностей в реакции бета- и гамма-полей на атмосферные осадки [Электронный ресурс] // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник тезисов докладов VII Международной научно-практической конференции, Томск, 3-6 июня 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 236 - <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C49/C49.pdf>

4. Яковлева В.С., Нагорский П.М., Рябкина К. Развитие технологии радиационного мониторинга в городской среде [Электронный ресурс] // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник тезисов докладов VII Международной научно-практической конференции, Томск, 3-6 Июня 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 248-249 - <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C49/C49.pdf>

5. Ryabkina K.S., Kondratyeva A.G., Nagorskiy P.M., Yakovleva V.S. Investigation of seasonal dynamics of β - and γ -radiation fields vertical profile in the surface atmospheric layer // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник тезисов докладов VIII Международной научно-практической конференции, Томск, 1-3 июня 2016. – Томск: ТПУ, 2016 – С. 149-150