

**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
<b>Изучение влияния количества осадков на результаты измерения плотности потока радона</b>

УДК 539.163:546.2:551.577

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Чан Ньян Хау		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Рыжакова Н.К.	к.ф-м.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.		

Томск – 2018 г.

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (компетенции)
P1	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.
P2	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.
P3	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.
P4	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.
P5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
P6	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.
P7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
P8	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).
P9	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.
P10	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.
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  
\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Бычков П.Н.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврская работа
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
0А4А	Чан Ньян Хау

Тема работы:

Изучение влияния количества осадков на результаты измерения плотности потока радона.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 2199/с от 28.03.2018г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	13.06.2018
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Радиометры радона Альфарад Плюс.</li><li>2) Методики измерения плотности потока радона.</li><li>3) Данные сайта «Гисметео» о количества осадков.</li><li>4) Статистические методы анализа.</li></ol>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Проведение обзора литературы по теме исследования.</li><li>2) Выбор методов исследования.</li><li>3) Проведение эксперимента.</li><li>4) Анализ полученных результатов.</li><li>5) Финансовый менеджмент.</li><li>6) Социальная ответственность.</li><li>7) Выводы и заключение.</li></ol>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Е.В.
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.

<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:</b>
Введение
Обзор литературы
Провести эксперимент и анализ результатов измерений
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
Социальная ответственность

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	13.06.2018
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Рыжакова Н.К.	к.ф-м.н		13.06.2018

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Чан Ньян Хау		13.06.2018

**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)
13.04.18	Составление и утверждение технического задания	
16.04.18	Подбор и изучение материалов по теме	
21.04.18	Выбор направление исследования	
14.05.18	Проведение эксперимента	
09.06.18	Анализ и описание результатов	
13.06.18	Подготовка к защите ВКР	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Рыжакова Н.К.	к.ф-м.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:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А4А	Чан Ньян Хау

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Иерархическая структура работ
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	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 Е.В	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Чан Ньян Хау		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А4А	Чан Ньян Хау

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ПФ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Радиационная безопасности окружающей среды

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

<i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, ионизирующее излучение, электромагнитное излучение);</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).</li> </ul>
<i>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность;</li> <li>– пожаровзрывобезопасность;</li> <li>– требования охраны труда при работе на ПЭВМ;</li> <li>– радиационная безопасность.</li> </ul>

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

<i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные).</li> </ul>
<i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Чан Ньян Хау		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 81 страницы, 16 рисунков, 24 таблиц, 18 источников, 1 приложения.

Ключевые слова: радоноопасность, плотность потока радона (ППР), количество осадков.

Целью работы является изучение влияния количества осадков на результаты измерения плотности потока радона с поверхности грунтов различного типа.

В процессе исследования были изучены литературы по влиянию количества осадков на результаты измерения плотности потока радона за рубежом; изучены физические характеристики грунтов (плотность и пористость) и методы их определения; отобрано пробы грунта и определены его физические характеристики (плотность и пористость); проведено измерение плотности потока радона; проведен анализ результатов измерений, сделаны выводы.

В результате исследования были получены значения плотности потока радона; зависимости плотности потока радона от количества осадков; сделан анализ полученных результатов.

Область применения: радиационная безопасность, экология.

Значимость работы: В РФ критерием радоноопасности территории является измеряемая с помощью накопительных камер величина плотности потока радона. Именно эта величина объективно определяет количество радона, которое может поступить в здание. Однако, до настоящего времени не выявлены закономерности, описывающие влияние на результаты измерений таких важных природных факторов, как количество осадков.

В будущем планируется изучение влияния методов измерений на вариабельность результатов измерения плотности потока радона с поверхности грунтов различного типа.

Выпускная квалификационная работа выполнена на кафедре Прикладной физики ИЯТШ НИ ТПУ г. Томск.

## **Перечень определений**

Радон – радиоактивный химический элемент 18-й группы периодической системы химических элементов, не имеющих ни цвета, ни запаха.

Плотность потока радона – количество вещества, проходящего через единичную площадку за единицу времени.

Активность - число элементарных радиоактивных распадов в единицу времени.

Объемная активность - активность, приходящаяся на единицу объёма источника.

Поровая активность – объемная активность в пространстве пор грунта.

## **Обозначения и сокращения**

ППР – плотность потока радона

ОА – поровая активность радона

НК – накопительная камера

СК – сорбционная колонка

ППД – полупроводниковый детектор

ИИ – ионизирующее излучение

НТИ – научно-техническое исследование

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.

2. ГОСТ 2.104 – 2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи.

3. ГОСТ 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

4. ГОСТ 2.106 – 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.

5. ГОСТ 2.301 – 68 Единая система конструкторской документации. Форматы.

6. ГОСТ 3.1105 – 2011 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов общего назначения.

7. ГОСТ 3.1404 – 86 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.

8. ГОСТ 3.1407 – 86 Единая система технологической документации. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки.

9. ГОСТ 7.0.12 – 2011 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Сокращения русских слов и словосочетаний в библиографическом описании произведений печати.

10. ГОСТ 7.32 – 2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

11. ГОСТ 8.417 – 2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.

## Содержание

Введение.....	14
1 Обзор литературы по теме исследования.....	16
1.1 Оценка влияния слоя покрытия на выход радона из переработанных урановых отходов (ПУО): анализ переходного потока радона.....	16
1.2 Автоматическое устройство для измерения влияния метеорологических факторов на поток радона из почвы в течение длительного периода.....	18
1.3 Подавление выхода радона из почвы путем покрытия глинисто_смешанной почвой.....	20
1.4 Изучение потока $^{222}\text{Rn}$ из естественной почвы в Джадугуде, Индия.....	22
2 Физические характеристики грунтов (плотность и пористость) и методы их определения.....	25
2.1 Плотность грунтов.....	25
2.1.1 Плотность грунта.....	25
2.1.2 Плотность твердых частиц грунта.....	25
2.1.3 Плотность сухого грунта.....	26
2.2 Пористость грунтов.....	26
2.3 Определение плотности и пористости методом режущего кольца.....	27
3 Эксперимент.....	30
3.1 Планирование эксперимента.....	30
3.2 Аппаратура и методика измерения ППР.....	32
3.2.1 Устройство измерительного комплекса «Альфарад плюс- АР» и его характеристики.....	33
3.2.2 Методика измерения ППР с помощью измерительного комплекса «Альфарад плюс- АР».....	35
3.3 Статические методы анализа.....	36
4. Результаты эксперимента и их анализ.....	39
4.1 Результаты определения плотности и пористости.....	39
4.2 Основные результаты измерения ППР и их анализ.....	39
Заключение.....	43
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	44
5.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	44

5.1.1. Анализ конкурентных технических решений.....	44
5.1.2. SWOT-анализ .....	47
5.2. Планирование научно-исследовательских работ .....	49
5.2.1 Определение трудоемкости выполнения НИР .....	50
5.2.2 Разработка графика проведения научного исследования.....	51
5.2.3 Календарный план-график в виде диаграммы Ганта .....	52
5.3 Бюджет научно-технического исследования .....	54
5.3.1 Расчет материальных расходов .....	54
5.3.2 Расчёт амортизации оборудования для экспериментальных работ .....	55
5.3.3 Расчет заработной платы исполнителей НТИ .....	56
5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	58
5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды.....	59
5.3.6 Накладные расходы .....	60
5.3.7 Формирование бюджеты затрат научно-технического исследования .	61
5.4 Определение ресурсной эффективности исследования.....	61
6. Социальная ответственность .....	64
6.1 Анализ опасных и вредных факторов.....	64
6.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ.....	66
6.2.1 Организационные мероприятия .....	66
6.2.2 Технические мероприятия .....	66
6.2.3 Условия безопасной работы .....	68
6.3. Радиационная безопасность.....	71
6.4 Электробезопасность .....	74
6.5 Пожарная и взрывная безопасность.....	75
Список использованных источников .....	77
Приложение А .....	79

## Введение

Радон и радиоактивные продукты его распада вносят основной вклад в радиационный фон жилых и производственных помещений. Радон образуется при распаде естественных радионуклидов, содержащихся в земных породах, и при попадании в здания может накапливаться в помещениях.[1] Наличие больших концентраций радона является одной из основных причин появления заболевания раком легких у населения, проживающего на нижних этажах зданий. Установлено, более десятой части регистрируемых каждый год случаев заболеваний раком легких вызваны радоновой радиацией.[2]

В связи с этим при проведении инженерных изысканий участков застройки проводятся радиационно-экологические исследования, составной частью которых является оценка радоноопасности территории. Однако, в настоящее время в мире не существует универсального метода для определения радоноопасности территории, так как концентрации и потоки радона крайне неравномерны и зависят от многих факторов: геолого-геофизических характеристик природной среды, конструкции зданий, строительных материалов и качества работы вентиляционных систем. Поэтому разные страны имеют свои подходы к определению радоноопасности.

В России при оценке радоноопасности измеряют плотность потока радона (ППР) на земной поверхности методом накопительных камер или методом угольных адсорберов. Для территорий, предназначенных для строительства жилья, участок застройки считается радоноопасным, если более 20% результатов измерения ППР превышает  $80 \text{ мБк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ . К сожалению, результаты измерений ППР характеризуются высокой вариабельностью, что затрудняет проведение оценок радоноопасности. Существует мнение, что одной из основных причин высокой изменчивости ППР является влияние количества осадков на результаты измерений. Однако, в научной литературе мало данных о влиянии осадков на результаты измерения ППР, к тому же они не во всем согласуются между собой.

Целью данной работы является изучение влияния количества осадков на результаты измерения плотности потока радона с поверхности грунтов различного типа.

В соответствии с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

- сделать обзор литературы по теме исследования;
- изучить физические характеристики грунтов (плотность и пористость) и методы их определения;
- отобрать пробы грунта и определить их плотность и пористость;
- провести измерения ППР;
- провести анализ результатов измерений, сделать выводы.

## 1 Обзор литературы по теме исследования

### 1.1 Оценка влияния слоя покрытия на выход радона из переработанных урановых отходов (ПУО): анализ переходного потока радона

В работе [3] в период 1997-1998 гг. проводились измерения ППР на промышленной площадке SOGEMA - французская компания по добыче урана - в Бессин-сюр-Гартемпе во Франции. Был построен небольшой искусственный полигон размером 14 м × 15 м. ППР была впервые изучена на поверхности слоем 0,8 м ПУО. Затем на поверхности первого слоя размещено покрытие толщиной 1 м изучено его влияние на выдох радона, исходящий из ПУО. Геометрия полигона представлена на рисунке 1.1

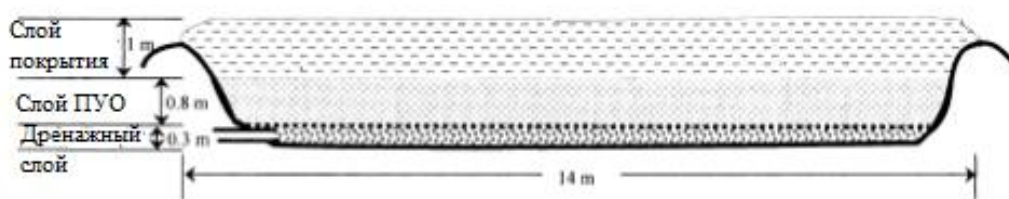


Рисунок 1.1 – Геометрия экспериментального полигона

Плотность потока радона измеряли каждые три часа с использованием автоматизированной накопительной камеры, содержащей AlphaGUARD.

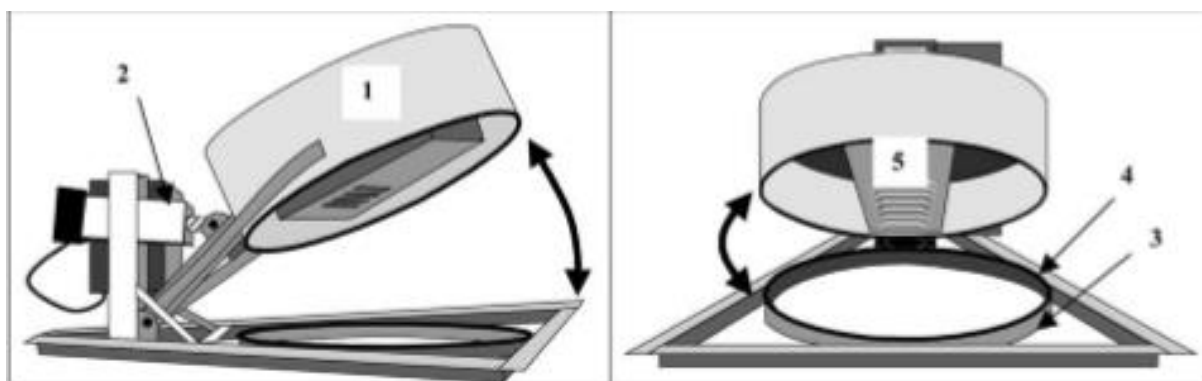


Рисунок 1.2 – Описание системы измерения потока радона.

1 - верхняя секция накопительной камеры; 2 - электрический привод; 3 - нижняя секция накопительной камеры; 4 - резиновая прокладка; 5 - аэрированная корзина, содержащая AlphaGUARD.



При моделировании потока радона использовали модель TRACI (Модель переноса радона). Это модель рассчитывает капиллярное давление и содержание влаги в почве, подверженной метеорологическим условиям, концентрации радона в газовой фазе почвы и потоке радона на поверхности по отношению ко времени. И концентрацию радона в газовой фазе почвы определяется с помощью уравнения:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left\{ f_t \cdot C_{Rn}^g \right\} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ f_p \cdot D \frac{\partial C_{Rn}^g}{\partial z} \right\} - \frac{\partial}{\partial z} (v_g \cdot C_{Rn}^g) - \lambda \cdot f_i \cdot C_{Rn}^g + \lambda \cdot E \cdot \rho_d \cdot C_{Ra} \quad (1.1)$$

$$f_t = p \cdot (1 - S + k_H \cdot S) + \rho_d \cdot k_d,$$

$$f_p = p \cdot (1 - S + k_H \cdot S)$$

где  $C_{Rn}^g$  – концентрация радона в газовой фазе почвы (Бк·м<sup>-3</sup>);

$p$  – общая пористость почвы;

$S$  – насыщение почвы влагой;

$k_H$  – постоянная Генри;

$\rho_d$  – сухая насыпная плотность почвы (кг·м<sup>-3</sup>);

$k_d$  – коэффициент адсорбции поверхности радона (м<sup>3</sup>·кг<sup>-1</sup>);

$\lambda$  – радиоактивный распад радона (2,1·10<sup>-6</sup> с<sup>-1</sup>);

$D$  – средний коэффициент диффузии радона (м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>);

$v_g$  – скорость Дарси газовой фазы (м·с<sup>-1</sup>);

$E$  – коэффициент эманации радона почвы;

$C_{Ra}$  – активность радия твердого материала (Бк·кг<sup>-1</sup>).

Плотности потока радона, измеренные на поверхности 0,8 м ПУО-слоя экспериментального полигона, сравнивались с плотностью потока радона, рассчитанной TRACI. Осадки также показаны на этом рисунке 1.3. Измеренные изменения плотности потока радона происходят за счет осадков: увеличение содержания влаги на поверхности уменьшает диффузию радона через слой и, следовательно, плотность потока радона на поверхности уменьшается.

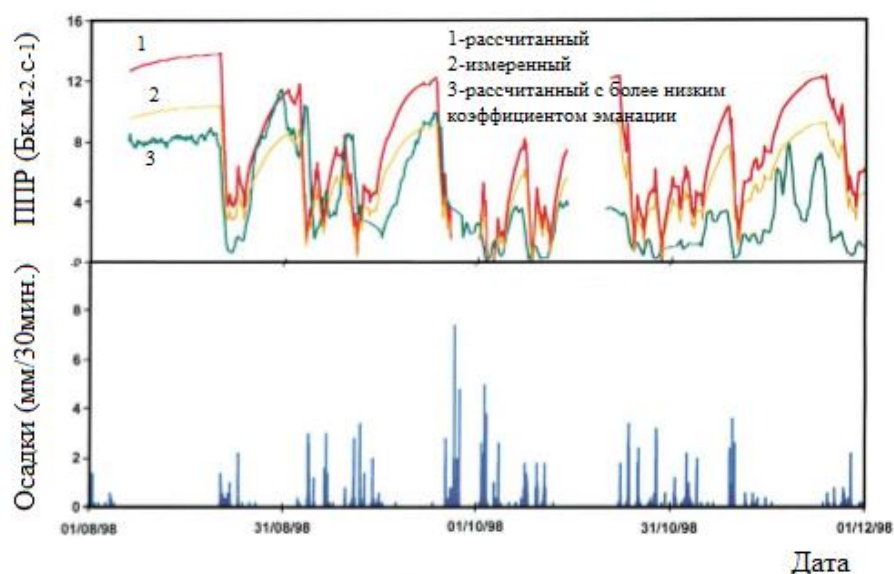


Рисунок 1.3 – Измеренные и рассчитанные плотности потока радона на поверхности отходов и осадки.

Плотности потока радона, рассчитанные с использованием TRACI, выше, чем измеренные. Существует разница за счет эффекта гистерезиса водонасыщенности грунтов, возникающего при увлажнении и высушивании; явления гистерезиса не учитывается при моделировании. Причиной гистерезиса являются различия в диаметре почвенных пор в процессах набухания и высушивания почвогрунтов. Плотность потока радона на поверхности ниже, когда почва высыхает, чем когда она смачивается.

## 1.2 Автоматическое устройство для измерения влияния метеорологических факторов на поток радона из почвы в течение длительного периода

В работе [4] также измеряют ППР с помощью AlphaGUARD. Эта экспериментальная конструкция была использована для контроля ППР на поверхности переработанных урановых отходов (ПУО). Для ожидаемых значений плотности потока радона обычно было достаточно времени накопления 60 мин. Время, в течение которого камера оставалась открытой, составляло 120 мин, что обеспечивает 3-часовой цикл в целом. Интервал между двумя измерениями выбирается для обеспечения хорошей вентиляции

ионизационной камеры, которая достигает равновесного состояния с атмосферой. Кроме того, 3-часовой цикл является хорошим компромиссом между количеством измерений потока радона за день и подверганием почвы внешнему воздействию погодных условий. Несмотря на плохие погодные условия (дождь, снег, мороз), система работала два года без каких-либо сбоев.

Для иллюстрации результатов, полученных с помощью этого экспериментального метода, на рисунке 1.4 показаны плотности потока радона, зарегистрированные в октябре 1999 года. Метеорологические данные (осадки), зарегистрированные на этом участке в этот период, также приведены на том же рисунке.

Материал наземного покрытия состоит из измельченной отстойной породы из горнодобывающей деятельности. Его механический анализ показал, что он относится к группе механического состава глинистого песка (классификация Министерства сельского хозяйства США). Во время реабилитации ПУО покровный слой уплотняли для уменьшения его пористости и проницаемости.

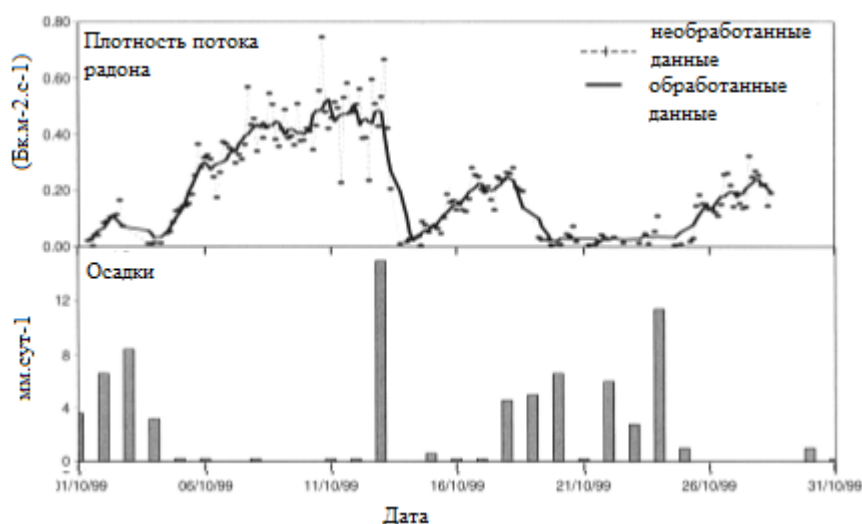


Рисунок 1.4 – Плотность потока радона, осадки, атмосферное давление и температура воздуха, зарегистрированные в октябре 1999 года на ПУО

Рисунок 1.4 показывает, что осадки оказывают большое влияние на плотность потока радона, измеренную на покровном слое. В течение длительного периода без дождя плотность потока радона может увеличиться в

десять раз, а последующие дожди уменьшают плотность потока радона до значений ниже  $100 \text{ мБк} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ .

### 1.3 Подавление выхода радона из почвы путем покрытия глинисто\_смешанной почвой

В другой работе [5] эксперимент проводился на урановом руднике Yotsugi (Нинго-Тогеский инженерно-экологический центр, Японское агентство по атомной энергии, Окаяма, Япония), где урановые руды добывались между 1957 и 1987 годами. После добывания участок был покрыт 3 м пустых пород с высоким содержанием урана, затем 3 м выкопанных поверхностных почв и 1,5 м выветривших гранитных почв (рис.1.5). Участок занимает площадь  $1750 \text{ м}^2$ .

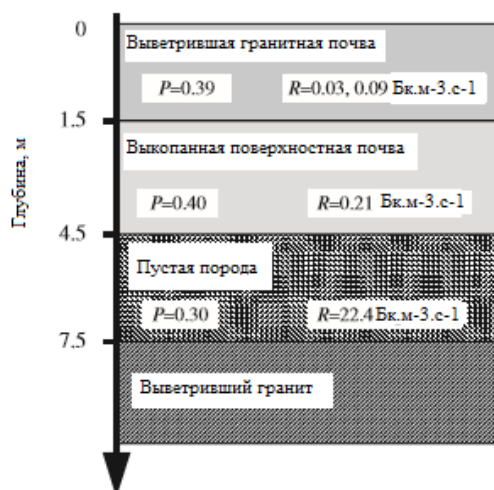


Рисунок 1.5 – Схематический вид участка Yotsugi

(P и R обозначают пористость и скорость эманации радона почвы)

На участке были подготовлены два участка  $2 \text{ м}^2$ . Растительность и поверхностные почвы удалялись на глубину в несколько сантиметров (ниже уровня корня), а один участок был покрыт бентонитовой почвой толщиной 12 см. Другой участок был открыт. Представленные ниже глубины относятся к глубине от поверхности почвы/атмосферы. Бентонитсодержащую почву получали путем смешивания бентонита в почву из соседних гор с сухим массовым соотношением 12,5%. Наблюдения проводились непрерывно в течение 80 дней с 14 сентября по 3 декабря 2004 года.

Измерения осадков и плотность потока радона представлены на рисунке 1.6. Осадки регистрировались с интервалом в 1 час. В течение первой половины периода измерения осадки наблюдались почти каждый день, а общее количество осадков за период измерения составляло 906 мм, что примерно в 2,5 раза превышало климатологическое среднее значение на участке. По этой причине содержание воды в почве обоих участков, измеренных датчиком влажности почвы, оставалось высоким (0,30 - 0,39) в течение всего периода измерения. Как показано в таблице 1.1, пористость голого грунта и глинистой почвы составляла соответственно 0,39 и 0,40. Поэтому почвы обоих участков были в состоянии насыщения водой в течение периода измерения.

Таблица 1.1 – Измеренные физические параметры поверхностного грунта на участке Yotosugi

	Выветрившая гранитная почва	Глинисто-смешанная почва
Сухая насыпная плотность	1.54	1.60
Плотность частиц	2.53	2.67
Пористость	0.39	0.40
Скорость эманации радона	0.03	-

Временные вариации выдоха радона с поверхности почвы в атмосферу в основном обусловлены временными вариациями в содержании воды в почве. Нагревание поверхности земли солнечным излучением в течение дня и охлаждение в течение ночи вызывают суточные изменения в почвенной воде поверхностной почвы. Плотность потока радона из голого участка (рис. 1.6) проявлял большие изменения с периодом в несколько дней, а также меньшие периодические вариация, последние из которых были вызваны суточными изменениями в содержание воды поверхности грунта, а первые можно отнести к осадкам. Поскольку в течение нескольких дней после установки камеры не было проливного дождя, плотность потока радона голого участка увеличилась до  $168 \text{ мБк} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . Однако после сильного дождя 17 сентября ППР резко уменьшилась и оставалась низкой во время последующих осадков. Плотность потока радона голого участка изменялась в диапазоне 3 – 168

мБк·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> со средним значением 10 мБк·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>. Из-за значительных осадков в период измерения плотность потока радона голого участка была намного ниже, чем в предыдущем исследовании на том же участке (360 – 680 мБк·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>).

В покрытом глиной участке плотность потока радона оставалась крайне низкой (рис. 1.6; 1,0 – 4,6 мБк·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>) со средним значением 2,1 мБк·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> или на 1/5 для голого участка. Это уменьшение плотности потока радона можно объяснить малым коэффициентом диффузии низкопористой глинистой почвы. Влияние низкой пористости было усилено выпадением осадков во время периода измерения.

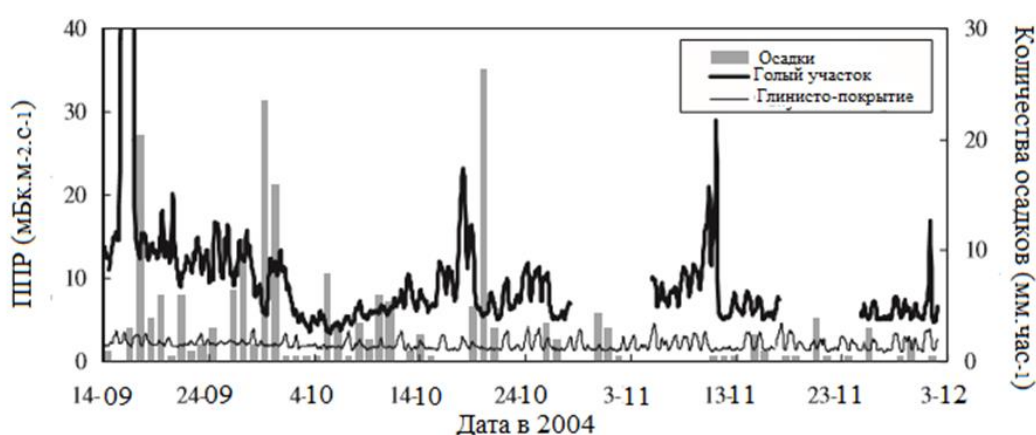


Рисунок 1.6 – Временная вариация наблюдаемых осадков и измеренный плотность потока радона на участке

Общий недостаток работ [3-5] – обнаружена только качественная зависимость ППР от количества осадков.

#### 1.4 Изучение потока <sup>222</sup>Rn из естественной почвы в Джадугуде, Индия

В работе [6] представлена количественная оценка <sup>222</sup>Rn способствующих факторов и эффектов метеорологических параметров на поток <sup>222</sup>Rn из естественной почвы в Джадугуде, Индия. Эманация <sup>222</sup>Rn, вызванная ее миграцией из почвы либо путем молекулярной диффузии, либо путем конвекции, составляет основной источник <sup>222</sup>Rn в воздухе. В Джадугуде в районе

Сингхбум Бихар в Индии почва в основном глинистая и образуется от выветривания гранитов.

Поток  $^{222}\text{Rn}$  из почвы измеряется с использованием техники перевернутой стальной камеры. Это метод накопления, в котором испускаемый  $^{222}\text{Rn}$  накапливается в цилиндрической стальной камере емкостью 2 л, с одним торцом открытым и другим - закрытым. Открытый торец камеры плотно укладывается поверх излучающей поверхности.

Период накопления  $^{222}\text{Rn}$  30 – 60 мин для этих измерений достаточно мал, чтобы минимизировать вероятные ошибки из-за изменения параметров, связанных с потоком и процессом обратной диффузии  $^{222}\text{Rn}$ . Кроме того, в течение этого интервала наблюдается накопление в камере достаточных концентраций  $^{222}\text{Rn}$  для обнаружения.

В конце периода накопления образец  $^{222}\text{Rn}$  втягивается в эвакуированную сцинтилляционную ячейку, которая подсчитывает  $\alpha$ -активность для вычисления потока.

Выпадение осадков приводит к изменению выхода радона из почвы. Общая тенденция почвенного потока  $^{222}\text{Rn}$  изображена на рис.1.7а. Увеличение потока радона после выпадения осадков связано с тем, что заполнение капилляров почвы водой приводит к ослабляющему эффекту, так как коэффициент диффузии  $^{222}\text{Rn}$  в воде в  $10^{-4}$  раза меньше, чем в воздухе. Когда поры очищаются от воды в результате фильтрации и испарения, радон накопленный в почве в течение периода выпадения осадков, выделяется вместе с почвенным газом и, наконец, достигает обычной постоянной скорости выдоха через несколько дней после дождя. Относительное затухание потока  $^{222}\text{Rn}$ , связанное с разным количеством осадков, показано на рисунке 1.7б. Видно, что чем больше осадков, тем меньше наблюдаемый поток  $^{222}\text{Rn}$ .

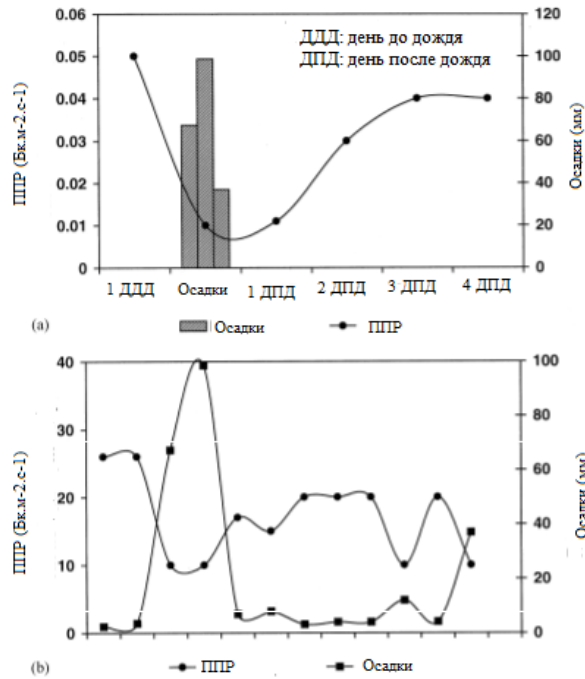


Рисунок 1.7 – Влияние осаднения на почву  $^{222}\text{Rn}$ -поток.

(а) Общая тенденция потока  $^{222}\text{Rn}$ , связанного с осаднением. (б) Относительное ослабление потока  $^{222}\text{Rn}$ , связанного с осаднением различной интенсивности

Из проведенного выше обзора результатов измерения ППР следует, что осадки существенно влияют на ППР. Самые высокие значения ППР наблюдаются в периоды сухой устойчивой погоды. На основе анализа представленных в работах [3-6] результатов можно сделать вывод о том, что не выявлены закономерности, описывающие влияние количества осадков на результаты измерения ППР. Недостатком этих работ является отсутствие статической отработки результатов измерения ППР, поэтому необходимы дальнейшие исследования.



## **2 Физические характеристики грунтов (плотность и пористость) и методы их определения**

### **2.1 Плотность грунтов**

Плотность – физическое свойство грунтов, количественно оцениваемое величиной отношения их массы к занимаемому объему. Физические свойства, характеризующие взаимосвязь между массой и объемами горных пород или минералов, называются плотностными. Плотность используется как прямой расчетный показатель вычисления бытового давления, давления на подпорную стенку, при расчете устойчивости оползневых склонов и откосов, осадки сооружений, распределения напряжений в грунтах основания под фундаментами, при определении объема земляных работ и др.

#### **2.1.1 Плотность грунта**

Плотность грунта  $\rho$ , г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>, или плотность влажного грунта – это масса единицы объема грунта с естественной влажностью и ненарушенным сложением [7]:

$$\rho = \frac{\text{масса грунта с естественной влажностью}}{\text{объем грунта}} = \frac{m}{V}; \quad (2.1)$$

#### **2.1.2 Плотность твердых частиц грунта**

Плотность твердых частиц грунта, г/см<sup>3</sup> или кг/м<sup>3</sup>, называют массу твердой компоненты (представленной минеральной или органической составляющей) в единице объема грунта, представленного только компонентой [7]:

$$\rho_s = \frac{\text{масса твердой компоненты грунта}}{\text{объем твердой компоненты грунта}} = \frac{m_s}{V_s}; \quad (2.2)$$

Величина плотности твердых частиц грунта определяется минеральным составом, присутствием органических и органо-минеральных веществ и представляет собой средневзвешенную плотность этих компонент грунта при отсутствии пустот и влаги.

### 2.1.3 Плотность сухого грунта

Плотность сухого грунта  $\rho_d$ , г/см<sup>3</sup> или кг/м<sup>3</sup>, называют массу твердой компоненты в единице объема грунта, высушенного при температуре 105°C, при естественной (ненарушенной) структуре:

$$\rho_d = \frac{\text{масса грунта после сушки}}{\text{исходный объем грунта}} = \frac{m_d}{V}; \quad (2.3)$$

Величина плотности сухого грунта используется для вычисления пористости, коэффициента пористости, а также для характеристики степени уплотненности глинистых грунтов в насыпных сооружениях.

### 2.2 Пористость грунтов

Под пористостью грунтов  $\eta$ , понимают наличие в них мелких пустот. Показатели, характеризующие пористость грунтов, являются наиболее важными для грунтов, так как позволяют прогнозировать их прочностные и деформационные свойства и часто служат классификационными показателями. Пористость используется как вспомогательная характеристика при выборе расчетных сопротивлений грунтов, построении компрессионной кривой, вычислении характеристик сжимаемости, для расчета водопроницаемости и многих других показателей свойств грунтов.

Количественно пористость обычно выражают отношением объема пустот ( $V_n$ ) общему объему грунта ( $V$ ) [7]:

$$\eta = \frac{\text{объем пор в грунте}}{\text{общий объем грунте}} = \frac{V_n}{V}; \quad (2.4)$$

Величина пористости может быть выражена как отношение веса воды, полностью заполняющей поры грунта, к весу абсолютно сухого грунта (весовая пористость).

### 2.3 Определение плотности и пористости методом режущего кольца

Для определения плотности грунтов применяют прямые и косвенные методы. К прямым относятся методы, основанные непосредственном измерении массы и объема грунта, как правило, небольших его образцов. Их недостатком является малый объем грунта в измеряемых пробах (получение «точечных» значений) и необходимость их извлечения из массива. Косвенные методы основаны на определении плотности грунта без непосредственных измерений массы и объема грунтов. К ним в первую очередь следует отнести пенетрационные и ядерные (гамма-лучевые) методы, позволяющие определить плотность грунтов непосредственно в массиве. Они весьма производительны, имеют достаточную для практических целей точность и могут применяться при однократных и многократных определениях, что важно при стационарных наблюдениях.

При применении метода режущего кольца выбирают режущее кольцо-пробоотборник, которое смазывают с внутренней стороны тонким слоем вазелина или консистентной смазки. Верхнюю зачищенную плоскость образца грунта выравнивают, срезая излишки ножом, устанавливают на ней режущий край кольца и винтовым прессом или вручную через насадку слегка вдавливают кольцо в грунт, фиксируя границу образца для испытаний. Затем грунт снаружи кольца обрезают на глубину 5...10 мм ниже режущего края кольца, формируя столбик диаметром на 1...2 мм больше наружного диаметра кольца. Периодически, по мере срезания грунта, легким нажимом пресса или насадки насаживают кольцо на столбик грунта, не допуская перекосов. После заполнения кольца грунт подрезают на 8...10 мм ниже режущего края кольца и отделяют его. Грунт, выступающий за края кольца, срезают ножом, зачищают поверхность грунта вровень с краями кольца и закрывают торцы пластинками. Кольцо с грунтом и пластинками взвешивают и рассчитывают плотность с точностью 0,01 г/см<sup>3</sup>.

В целом, величина плотности дисперсных грунтов колеблется от 1,30 до 2,20 г/см<sup>3</sup>. Грунты, характеризующиеся наличием жестких кристаллизационных

связей частицами, обладают большой плотностью, величина которой при малой пористости приближается к значениям у твердых частиц. Так, плотность магматических пород изменяется в пределах 2,50...3,40 г/см<sup>3</sup> (возрастает от кислых пород к основным и ультраосновным); аргиллитов и алевролитов – 2,20...2,55; известняков – 2,40...2,65; мергелей – 2,10...2,60; песчаников – 2,10...2,40 г/см<sup>3</sup>. Плотность обводненных торфов из-за малой плотности скелета изменяется от 1,02 до 1,10 г/см<sup>3</sup>.

Величина плотности грунта зависит от минерального состава, влажности и характера сложения (пористости): с увеличением содержания тяжелых минералов плотность грунта увеличивается, а при увеличении содержания органических веществ – уменьшается; с увеличением влажности плотность грунта возрастает: максимальной при данной пористости она будет в случае полного заполнения пор водой; с увеличением пористости плотность грунта уменьшается.

Плотность значительной части осадочных пород в большей степени зависит от их пористости и влажности и в гораздо меньшей степени - от минерального состава, что объясняется широкими пределами изменения пористости (влажности и газонасыщенности) этих пород, резким отличием плотности твердой, жидкой и газообразной составляющих и сравнительно постоянной плотностью наиболее распространенных породообразующих минералов. Величина же плотности грунта магматических, метаморфических и в значительной части хемогенных пород в основном определяется их минеральным составом, так как пористость этих пород обычно незначительна.

Для глинистых грунтов не существует способов непосредственного лабораторного определения пористости. Для ее расчета обычно используется зависимость, связывающая ее с плотностью твердых частиц грунта ( $\rho_s$ ) и плотностью сухого грунта ( $\rho_d$ ):

$$\eta = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}; \quad (2.5)$$

Для остальных грунтов пористость может определяться и непосредственно прямыми методами, но обычно вычисляется по тем же формулам, что и пористость связных грунтов.

Кроме того, пористость грунта может характеризоваться отношением объема пустот ( $V_n$ ) к объему твердой фазы ( $V_s$ ); эта величина называется коэффициентом пористости  $e$ , выражается обычно также в д. ед., и вычисляется по формуле

$$e = \frac{\text{объем пор в грунте}}{\text{объем минеральной части грунта}} = \frac{V_n}{V_s}; \quad (2.6)$$

или через характеристики плотности:

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1; \quad (2.7)$$

Через коэффициент пористости можно выразить пористость и объем твердой компоненты в единице объема грунта:

$$\eta = \frac{e}{1+e}; \quad V_s = \frac{1}{1+e}; \quad (2.8)$$

### 3 Эксперимент

#### 3.1 Планирование эксперимента

Измерения плотности потока радона проводили в весенне-летний период 2018 г на экспериментальных площадках, расположенных в Лагерном саду г.Томска. Измерения провели с использованием комплекса Альфарад+ на земной поверхности суглинистой почвы, сланцев и глины.

Основные характеристики различных грунтов [8]:

Почва – это поверхностный слой Земли, главной отличительной особенностью которого является плодородие. Почву характеризуют как многофункциональную, гетерогенную, открытую систему, состоящую из четырех фаз: твердой, жидкой, газообразной и живых организмов почвы. Своему появлению она обязана выветриванию, а также существованию и жизнедеятельности почвенных организмов. Почва является связующим звеном, регулятором взаимодействия различных сфер Земли, таких, как биосфера, гидросфера и атмосфера. Все это объединило в себе название «биогеомембрана».

Постоянно изменяясь, она формируется благодаря воздействию таких факторов, как климат, рельеф, исходная порода, а также благодаря присутствию в ней живых организмов. Согласно определению ГОСТ, почва – это самостоятельное естественноисторическое органоминеральное природное тело, возникшее на поверхности земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия.

Суглинок – горная порода осадочного происхождения, которая состоит из глины невысокой пластичности и песка. Как правило, происхождение суглинка континентальное. Существуют такие разновидности суглинков:

– валуный, содержащий окатанные части горной породы от 0,1 – 10 м в поперечном сечении с большим количеством мелких валунов;

– лёссовидный, состоящий из рыхлых, горных осадочных пород с тонкозернистой структурой;

– покровный, покрывающий рельеф в районе материкового оледенения, а также в близлежащей полосе.

В состав суглинка входит до 40% песка, 10% – 50% глины (от концентрации которой различают тяжелые, средние и легкие), гидроксид железа и части углекислого кальция, что позволяет использовать его при изготовлении черепицы, кирпича и прочих строительных материалов.

В зависимости от размера зерен песка суглинок разделяют на мелкопесчаный, пылеватый и крупнопесчаный, а его количество в породе определяет содержание кварца. Суглинистая почва плодородна, содержание глины влияет на пластичность породы, позволяя накапливать воду, питательные вещества и солнечное тепло. Однако для успешного выращивания растений необходимо смешивать суглинки с компостом и песком для придания большей рыхлости.

Глина – природный материал, пластичный в своем природном состоянии, что, безусловно, является плюсом при изготовлении различных предметов из глины, т.к. позволяет придавать им различную форму. Кроме того, у глины имеется второе замечательное свойство – переход субстанции в твердое состояние при сушке и высокотемпературной обработке, например при обжиге. В некоторых случаях обожженная глина не уступает по твердости даже камню.

Глина распространена повсеместно, она часто встречается вперемешку с песком, в суглинистых почвах, однако, относительно чистой глины, как правило, на поверхности не бывает – месторождения необходимо разрабатывать.

По типу глина различается во всем мире и даже в пределах одного региона. Каждый тип глины обладает уникальным и специфичным набором специальных свойств: пластичность, жесткость, легкость, цвет, текстура и пр. Это, несомненно, накладывает свои требования для ее применения в определенных видах работ и в производстве глиняных изделий.

Сланцы – разнообразные горные породы с параллельным (слоистым) расположением сростаний низко- или среднетемпературных минералов (таких как хлорит, актинолит, серицит, серпентин, эпидот, мусковит, альбит, кварц, ставролит), входящих в их состав; в них часто сохраняются реликтовые структуры.

Парагенезис минералов зависит не только от химического состава образующихся пород, но также в значительной мере от той глубины, на которой происходит процесс, т.е. – от термодинамических условий. Под влиянием сильных динамических воздействий горные породы превращаются в кристаллические сланцы, сохраняющие способность легко расслаиваться или раскалываться на пластинки и плитки (таковы, прежде всего, глинистые, аспидные и слюдяные сланцы, а также гнейсы и др.). Если в процессе метаморфизма участвуют тонкослоистые осадочные породы, а направление давления совпадает с направлением слоистости или близко к нему, то происходит сминание прослоек с образованием многочисленных мелких складок. Как следствие, сланцы характеризуются сланцеватостью – способностью легко расщепляться на отдельные пластины. Относятся к терригенным или к метаморфическим горным породам.

### **3.2 Аппаратура и методика измерения ППР**

Комплекс «Альфарад плюс- АР» предназначен для экспрессных измерений и непрерывного мониторинга поровой активности (ОА) радона-222 ( $^{222}\text{Rn}$ ) и количества распадов  $^{216}\text{Po}$  (ThA), а также эквивалентной объемной активности (ЭРОА) радона и торона-220 ( $^{220}\text{Tn}$ ) в воздухе жилых, рабочих помещений и на открытом воздухе. Наличие специальных пробоотборных устройств позволяет проводить измерения содержания радона-222 в воде, почвенном воздухе, определять плотность потока радона с поверхности почвы. В рамках рассматриваемой темы более подробно будут рассмотрены блок измерения поровой активности и определение ППР.



### 3.2.1 Устройство измерительного комплекса «Альфарад плюс- AP» и его характеристики

Комплекс может применяться для санитарно-гигиенического обследования помещений и использоваться для работы в полевых условиях, если они соответствуют эксплуатационным параметрам. Ниже приведены основные технические характеристики блока измерения ОА радона в почвенном воздухе.

Таблица 3.1 – Технические характеристики

Диапазон измерения ОА радона-222 в пробах почвенного воздуха, Бк·м <sup>-3</sup>	от 10 <sup>3</sup> до 10 <sup>6</sup>
Предел допускаемой относительной погрешности при измерениях ОА радона-222 в почвенном воздухе, не более, %	±30%
Диапазон измерения величины плотности потока радона с поверхности грунта, мБк·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>	от 20 до 10 <sup>7</sup>
Предел допускаемой относительной погрешности при измерениях величины плотности потока радона с поверхности грунта, не более, %	±30%

Принцип действия блока измерения ОА радона основан на электростатическом осаждении заряженных ионов <sup>218</sup>Po (RaA) из отобранной пробы воздуха на поверхность полупроводникового детектора, расположенного в измерительной камере. ОА определяется по количеству зарегистрированных альфа-частиц при распаде RaA, осевших на детектор. Электрические импульсы, образующиеся под воздействием альфа-частиц на детекторе, усиливаются зарядочувствительным предусилителем, поступают на вход амплитудно-цифрового преобразователя и далее обрабатываются встроенным одноплатным компьютером. Результаты измерений выводятся на цветной жидкокристаллический экран и сохраняются в энергонезависимой памяти.

Измерительная камера блока измерения ОА представляет собой пустотелый цилиндр с расположенным внутри высоковольтным электродом и герметично закрытыми фланцами с двух сторон (рис. 3.1). На входном фланце установлен фильтродержатель с аэрозольным фильтром, а на внешней поверхности размещен входной штуцер. В центре выходного фланца установлен ППД с предусилителем (ПУ), сигнал с которого поступает на блок управления

(БУ). На выходном фланце установлена климатическая камера, которая содержит датчик температуры, давления и влажности и соединена с объемом измерительной камеры.

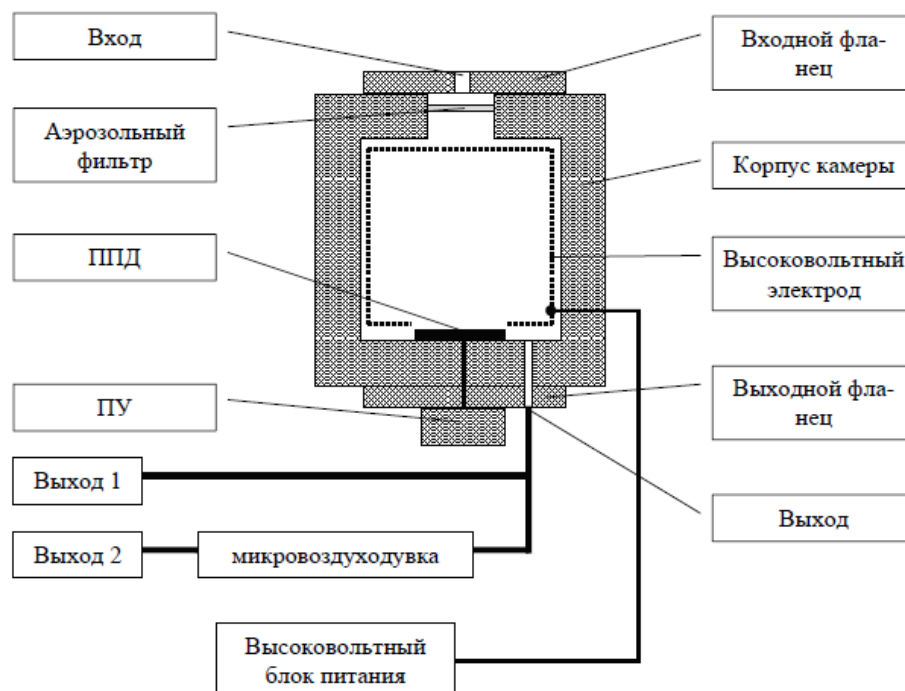


Рисунок 3.1 – Измерительная камера блока измерения ОА

Отбор пробы воздуха в измерительную камеру осуществляется с помощью микровоздуходувки. Проба воздуха через защитный аэрозольный фильтр поступает в измерительную камеру, проходит через климатическую камеру и поступает в микровоздуходувку. Защитный аэрозольный фильтр используется для отчистки контролируемого воздуха от дисперсной фазы аэрозолей и, в том числе, от ДПР радона и торона, находящихся в воздухе.

Также в комплект измерительного комплекса входит автономная воздуходувка с набором пробоотборных устройств. Воздуходувка выполнена в виде блока из пластмассового корпуса. Внутри корпуса установлены нагнетатель воздуха, аккумуляторная батарея и управляющая плата с таймером.

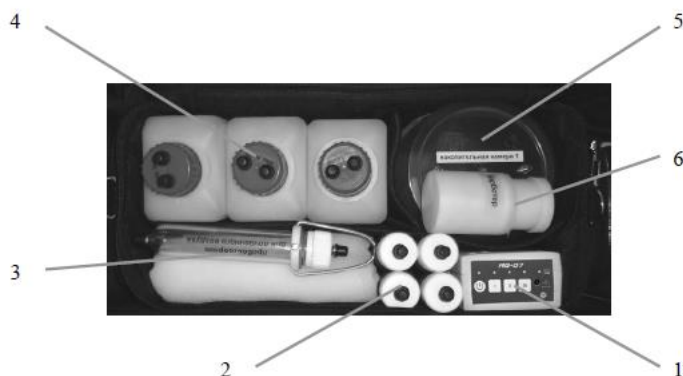


Рисунок 3.2 – Автономная воздуходувка АВ-07 с пробоотборниками

- 1 – Автономная воздуходувка; 2 – Пробоотборники для воды;  
 3 – Пробоотборник почвенного воздуха; 4 – Воздушные пробоотборники;  
 5 – Накопительная камера; 6 – Барботер.

### 3.2.2 Методика измерения ППР с помощью измерительного комплекса «Альфарад плюс- AP»

На подготовленном участке устанавливают накопительную камеру, плотно прижимая ее к поверхности. Накопительную камеру оставляют на 15 мин., чтобы в ней накопился радон. Затем накопительную камеру, как показано на рисунке 3.3 соединяют с автономной воздуходувкой через эластичные трубки для перевода накопленного в камере воздуха в пробоотборник.

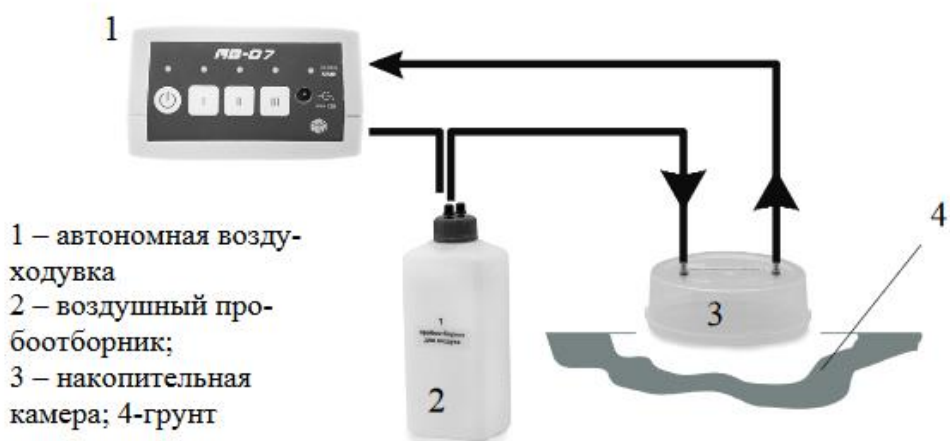


Рисунок 3.3 – Схема отбора пробы воздуха для определения ППР

После чего, из пробоотборника накопленный радон переводят в измерительное устройство прибора «АЛЬФАРАД ПЛЮС» (рис. 3.4). Перевод

воздуха в камеру осуществляют в течение 5 мин. В течение 20 мин проводят измерение плотности потока радона, после чего на экран дисплея выводится результат.

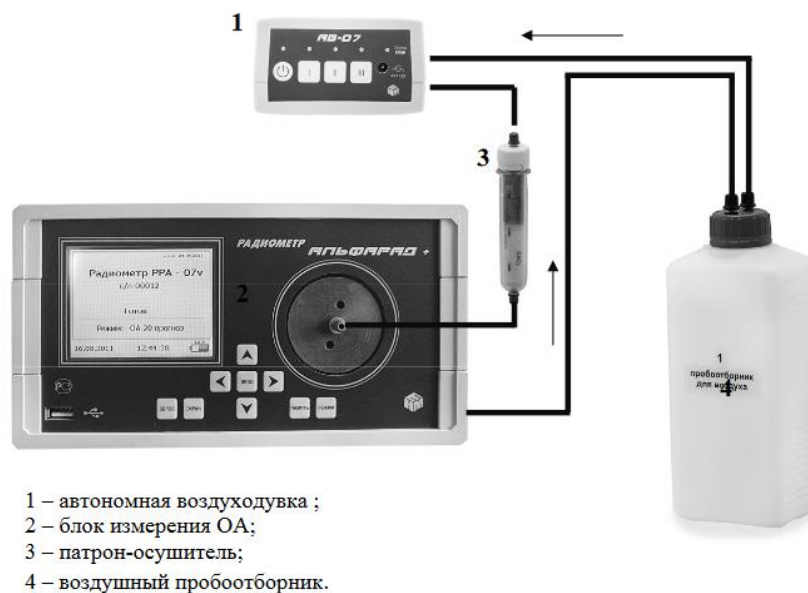


Рисунок 3.4 – Схема перевода пробы в блок измерения ОА

### 3.3 Статические методы анализа

Задачей статистических методов анализа является определение характера связи между факторным (определяющим) признаком и результативным (зависимым) признаком. Как правило, объекты группируются по факторному признаку, и находится среднее в группе по результативному признаку, затем выявляется тенденция и делается вывод о наличии и характере связи.[9,10,11]

Средняя арифметическая величина (или Среднее арифметическое) получается от сложения данных величин и деления этой суммы на число этих величин:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad (3.1)$$

где  $X_i$  – значение ППР, соответствующее  $i$ -му измерению;  
 $\bar{X}$  – среднее значение ППР;  
 $n$  – число измерений.

Дисперсия - это мера разброса возможных исходов относительно ожидаемого значения. Следовательно, чем выше дисперсия, тем больше разброс, а значит и риск. Формула для расчета дисперсии следующая:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})_i^2}{n-1}; \quad (3.2)$$

Показатель дисперсии измеряют в квадрате и так как такая интерпретация очень непривычна и тяжела, в качестве другого показателя отклонения значений доходности от ожидаемого значения используется "среднее квадратическое отклонение" (стандартное отклонение), которое является квадратным корнем из дисперсии:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})_i^2}{n-1}}; \quad (3.3)$$

Коэффициент вариации – это отношение среднего квадратического отклонения к средней арифметической, выраженное в процентах. Он применяется для сравнений колеблемости одного и того же признака в нескольких совокупностях с различным средним арифметическим. Коэффициент вариации используют не только для сравнительной оценки единиц совокупности, но и также для характеристики однородности совокупности. Совокупность считается однородной, если коэффициент вариации не превышает 33%. Расчет коэффициента осуществляется по формуле:

$$V = \frac{\sigma \cdot 100}{\bar{X}}; \quad (3.4)$$

### Регрессионный анализ

Регрессионный анализ – раздел математической статистики, объединяющий методы исследования зависимостей между величинами по статистическим (выборочным) данным. Регрессионный анализ входит составной частью в многомерный статистический анализ, посвященный математическим методом систематизации и обработки многомерных статистических данных, направленных на выявление характера и структуры взаимосвязей между

величинами (признаками, факторами), характеризующими исследуемый процесс.[12]

Основным результатом регрессионного анализа является построение уравнения регрессии – зависимости значения какой-либо переменной  $Y$  (называемой зависимой переменной) от значений другой величины или нескольких других величин  $X$  (называемых независимыми).

Построение уравнения регрессии содержит два этапа:

- определение вида функции регрессии  $f(x)$  (линейная, полиномиальная и т.д.) и соответственно вида выборочного уравнения регрессии;

- вычисление коэффициентов уравнения регрессии, являющихся оценками для коэффициентов функции регрессии. Заметим, что построение уравнения регрессии подразумевает наличие между переменными  $X$  и  $Y$  статистической зависимости. Для определения степени такой зависимости, рассчитывается коэффициент корреляции, который характеризует зависимость между величинами  $X$  и  $Y$ .

## 4. Результаты эксперимента и их анализ

### 4.1 Результаты определения плотности и пористости

За весь период исследований методом режущего кольца было отобрано 33 пробы поверхностных слоев суглинистой почвы, сланцев и глины. Для отобранных образцов были определены плотность и пористость грунтов по формулам 2.3 и 2.5. Средние значения и коэффициенты вариации пористости, плотности сухой суглинистой почвы, сланцев и глины представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Средние значения и коэффициенты вариации пористости, плотности сухой суглинистой почвы, сланцев и глины.

Тип почвогрунта	Среднее значение плотности $\rho_d$ , Г/см <sup>3</sup>	Коэффициент вариации плотности $V_{\rho_d}$ , %	Среднее значение пористости $\eta$ , отн.ед.	Коэффициент вариации пористости $V_{\eta}$ , %
Суглинистая почва	1,21	4,9	0,51	4,7
Сланец	1,64	2,2	0,37	3,8
Глина	1,42	2,7	0,19	11,5

### 4.2 Основные результаты измерения ППР и их анализ

При проведении исследований в период с 15 по 9 июня было получено 64 результата измерений плотности потока радона на различных площадках: на поверхности суглинистой почвы – 30; на поверхности сланцев – 21; на поверхности глины – 13. Дата, время проведения измерений и результаты, а также количество осадков, выпавших накануне проведения измерений, представлены в приложении А (таблицы А.1 – А.3).

Диапазон значения ППР, среднее значение ППР, стандартное отклонение, коэффициент вариации приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Основные результаты измерения ППР

Тип почвогрунта		Суглинистая почва	Сланец	Глина
Количество измерений		30	21	13
Диапазон значения ППР	Минимум, мБк·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>	20	22	20
	Максимум, мБк·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>	71	59	133
Среднее значение ППР, мБк·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>		44	33	59
Стандартное отклонение, мБк·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>		16	10	34
Коэффициент вариации, %		37	31	57

Из табл. 4.2 видно, что для суглинистой почвы получено типичное для этого вида почвогрунтов среднее значение равное 44 мБк·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>, а среднее значение ППР для глин почти в два раза больше, чем для сланцев. Сравнительно небольшие значения ППР для сланцев объясняется тем, что данный вид грунта характеризуется самым низким содержанием радия – 15 Бк/кг. В суглинистой почве среднее содержание радия составляет 25...30 Бк/кг, а в глине примерно порядок больше, чем в суглинистой почве. Коэффициент вариации значений ППР для глин также заметно больше. Следует отметить, что у глин также наблюдается и самый большой коэффициент вариации пористости (табл. 4.1). На рис. 4.1 – 4.3 представлены зависимости результатов измерений ППР от количества выпавших осадков для трех площадок.

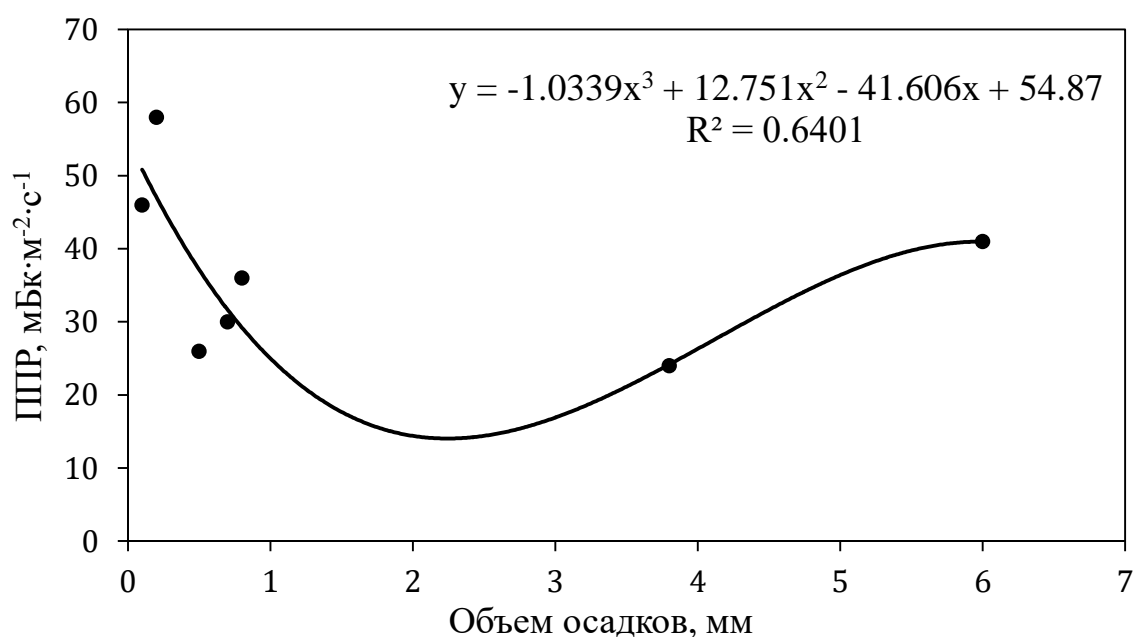


Рисунок 4.1 – Зависимость результатов измерений ППР от количества осадков на поверхности суглинистой почвы (пористость 0,51 отн.ед.).



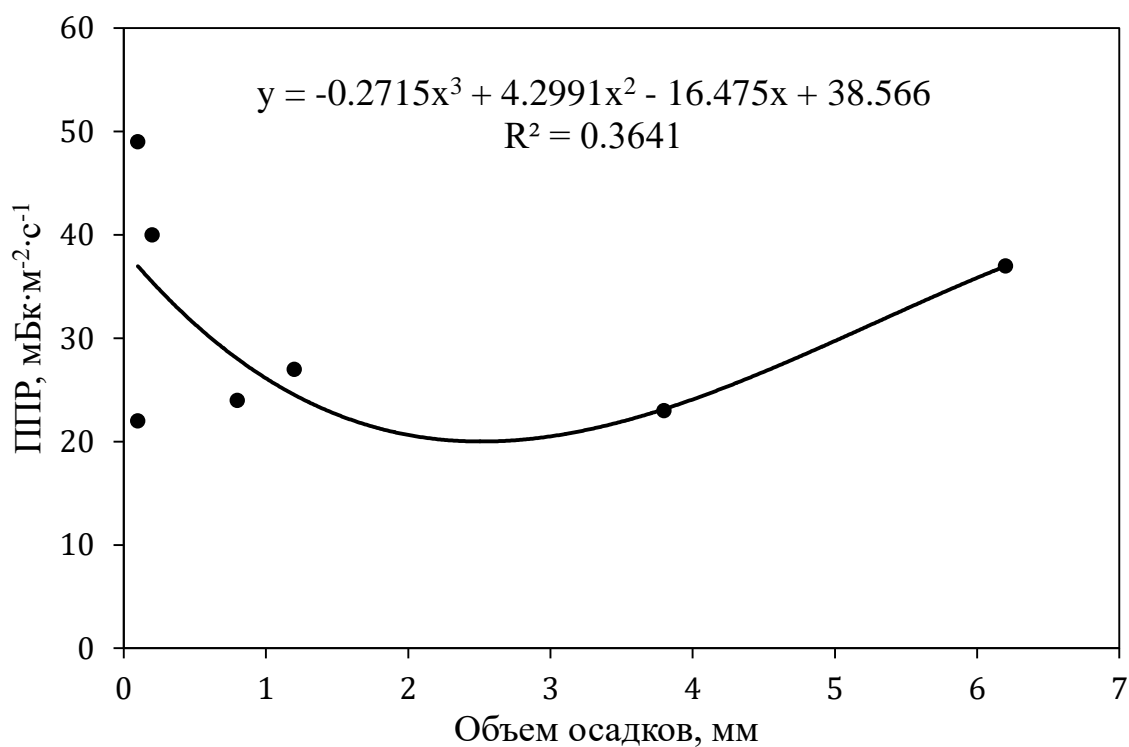


Рисунок 4.2 – Зависимость результатов измерений ППР от количества осадков на поверхности сланцев (пористость 0,37 отн.ед.).

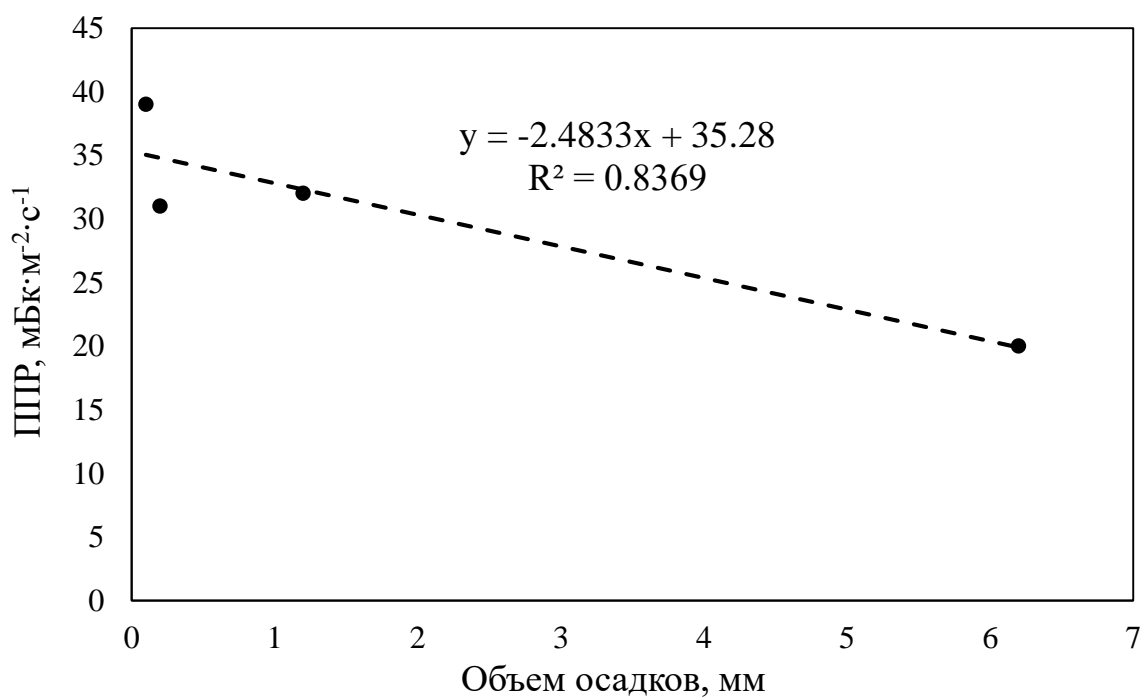


Рисунок 4.3 – Зависимость результатов измерений ППР от количества осадков на поверхности глины (пористость 0,19 отн.ед.).

Из рисунков 4.1 и 4.2 видно, что при выпадении небольшого количества осадков выход радона с поверхности суглинистой почвы и сланцев сначала уменьшается, а затем с увеличением количества выпавшей влаги наблюдается заметный рост. Следует отметить, что аналогичный характер зависимости для почвы мы получили в исследованиях, проведенных в 2017г. Можно предположить, что при небольшом количестве осадков происходит закупорка верхних пор грунта, что препятствует выходу радона. При большом количестве осадков влага фильтруется на сравнительно большие глубины, где концентрация радона выше, чем в приповерхностных слоях. В этом случае выход радона на поверхность происходит за счет восходящих микропузырьков. Кроме того, радон растворяется в воде и транспортируется в результате испарения влаги. Сравнение кривых, полученных для почвы и сланцев, показывает что наиболее отчетливо зависимость ППР от количества осадков проявляется у грунтов с большой пористостью.

Для глин (рис.4.3) получена убывающая линейная зависимость ППР от количества осадков. Возможно, отсутствие минимума для глины связано с тем, что из-за недостатка времени не удалось получить достаточное количество данных. Кроме того, полученный результат можно объяснить низкой пористостью глины – при большом количестве осадков выхода радона за счет восходящих микропузырьков не происходит.

## **Заключение**

В данной работе выполнено следующее:

1. изучена литература по влиянию количества осадков на результаты измерения ППР;
2. изучены физические характеристики грунтов (плотность и пористость) и методы их определения;
3. отобрано 33 пробы грунта и определены его физические характеристики (плотность и пористость);
4. проведено 64 измерения ППР;
5. проведен анализ результатов измерений, сделаны выводы.

Подводя итог, можно сформулировать следующие выводы:

1. По результатам исследований, проведенных за рубежом, сделан вывод о том, что самые высокие значения ППР наблюдаются в периоды сухой устойчивой погоды. Отсутствуют данные о закономерностях, описывающих влияние количества осадков на результаты измерения ППР с поверхности грунтов разного типа.
2. На вид зависимости ППР от количества осадков большое влияние оказывает пористость грунта.
3. Результаты измерения ППР в 2018 на поверхности суглинистой почвы и сланцев подтверждают выявленную нами в 2017г. качественную зависимость – с ростом количества осадков плотность потока радона сначала уменьшается, а затем наблюдается заметный рост.
4. На средние значения плотности потока радона из разных типов грунтов существенное влияние оказывает содержание радия.

## 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 5.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Основным результатом исследований, приведенных в квалификационной работе, являются изучение влияния осадков на результаты измерения выхода радона из почвы. Эта информация будет полезной при оценке радоноопасности для территорий, предназначенных для строительства жилья, участок застройки.

Следовательно, в перспективе основными потребителями результатов данной работы будут строительные компании, а также научно-исследовательские институты, занимающиеся проблемами экологической отрасли, которые возможно будут заниматься способностью снижения количества радона, выходящих в воздух. Как выглядит сегментирование в случае данного проекта, представлено в таблице 5.1

Таблица 5.1 - Карта сегментирования рынка услуг

		Организации	
		Строительные компании	Научно-исследовательские институты
Область применения	Оценка радоноопасности участок застройки.		
	Способность снижения количества радона		

#### 5.1.1. Анализ конкурентных технических решений

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

Данный анализ проведен с помощью оценочной карты, представленной в таблице 5.2. Для этого отобрано две конкурентные разработки. Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 5.2, подбирали исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

В данной части была проведена оценка конкурентных разработок. В государственных системах радиационного мониторинга измеряют только один параметр – плотность потока радона с поверхности грунтов. В качестве конкурентов были выбраны два измерительных комплекса РРА-01 и RAD-7. В первую очередь приборы характеризуются временем проведения измерений, которое для данного оборудования составляет довольно большой временной промежуток времени, что в свою очередь приводит к уменьшению результатов измерения. Использование данного оборудования для оценок радоноопасности является финансово затратным, а также они сложны в эксплуатации, что затрудняется затруднительной настройкой аппарата и неудобным интерфейсом. Использование конкурентного оборудования существенно увеличивает стоимость проведения радиационного контроля территории.

Метод предложенный в данной работе имеет простую структуру и более высокую экономичность по сравнению с конкурентными методами измерения радиационных величин, предназначенных для определения территории на радоноопасность. Использование предложенного оборудование существенно снижает стоимость оценок. Также позволяет проводить до нескольких измерений в день, что приводит к более точным оценкам радоновых рисков.

При этом следует учесть влияние атмосферных условий при эксплуатации в натуральных условиях вышеуказанных измерительных комплексов, а именно такого фактора как влажность атмосферного воздуха, способная нанести ущерб аппаратуре вплоть до выхода из строя.

Таблица 5.2 – Оценочная карта конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Время экспозиции	0,16	5	4	4	0,8	0,64	0,64
2.Влияние атмосферных условий	0,07	4	4	3	0,28	0,28	0,21
3.Надежность аппаратуры	0,2	5	5	4	1	1	0,8
4.Потребность в ресурсах памяти	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
5.Функциональные возможности	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
6.Простота эксплуатации	0,09	5	4	2	0,45	0,36	0,18
7.Наличие дорогостоящего оборудования	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность продукта	0,03	5	3	2	0,15	0,09	0,06
2.Цена	0,1	5	3	1	0,5	0,3	0,1
3.Финансирование научной разработки	0,04	3	4	2	0,12	0,16	0,08
Итого	1				4,85	4,02	3,26

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:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

### 5.1.2. SWOT-анализ

SWOT – методика анализа научных проектов и технических решений Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Методику SWOT применяют для анализа факторов внешней и внутренней среды проекта.

Strengths (сильные стороны) – это факторы внутренней среды, характеризующие конкурентоспособную сторону проекта. Под сильными сторонами понимаются отличительные преимущества или особые ресурсы, которые способствуют победе проекта в конкурентной борьбе. Иначе говоря, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей.

Weaknesses (слабые стороны) – это также фактор внутренней среды. Представляет собой недостаток, упущение или ограниченность научноисследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей.

Opportunities (возможности) включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях внешней среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность.

Threats (угрозы) представляет собой любую нежелательную ситуацию, ограничение, накладываемое внешней средой на проект. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

SWOT-анализ данного научно-исследовательского проекта представлен в таблице 5.3.

Таблица 5.3 Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Новизна идеи научного исследования.</p> <p>С2. Достаточная надежность установки.</p> <p>С3. Безопасность работы с установкой.</p> <p>С4. Ремонт опригодность каждого отдельного узла установки.</p> <p>С5. Простота эксплуатации установки.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие финансирования.</p> <p>Сл2. Отсутствие у персонала необходимых знаний.</p> <p>Сл3. Большой срок обработки результатов</p> <p>Сл4. Отсутствие осведомленности об исследованиях данного типа.</p> <p>Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В3. Сотрудничество с рядом новых организаций.</p> <p>В4. Использование устаревших методов конкурентами.</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</b></p> <p>1. Рост спроса на исследования данного типа за счет распространения среди различных организаций и университетов.</p> <p>2. Приоритет к данному исследованию по сравнению с конкурентами за счет осуществления должной надежности и безопасности установки.</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</b></p> <p>1. Отсутствие большого числа заказов на проведение исследований.</p> <p>2. Приоритет конкурентных организаций из-за длительного срока исследований или невыполненных в срок.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Высокая цена технологии.</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта</b></p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы</b></p>



У2. Конкуренция. У3. Отсутствие финансирования со стороны, как университета, так и государства. У4. Сложность поставки образцов для исследований. У5. Износ оборудования.	<b>полей «Сильные стороны и угрозы»:</b> 1. Осуществление ремонта текущей установки без замены составляющих частей. 2. Устойчивость к борьбе с конкурентами за счет новизны идеи.	<b>проекта полей «Слабые стороны и угрозы»:</b> 1. Привлекать капитал и использовать технологию, которая по разумным ценам по сравнению со спросом. 2. Усиление исследований документов, конкурентоспособности. 3. Регулярно сохранять оборудование, чтобы сократить время сбоя.
--	---	---

## 5.2. Планирование научно-исследовательских работ

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 5.4.

Таблица 5.4 – 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	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследования	Руководитель
	4	Разработка общей методики проведения исследований	Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические исследования	6	Изучение документации, поиск литературы	Студент
	7	Поиск статей в журналах по выбранной тематике	Студент
Проведение расчетов	8	Получение необходимых данных	Студент
	9	Создание графических зависимостей	Студент
	10	Анализ и описание результатов	Студент

Оформление отчета по НИР	11	Проверка полученных результатов	Руководитель
	12	Составление пояснительной записки	Студент

### 5.2.1 Определение трудоемкости выполнения НИР

На следующем этапе осуществления НИР определяется их трудоемкость. Трудоемкость выполнения оценивается экспертным путем в специальных величинах - человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости работ используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (5.2)$$

где  $t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, (чел.-дн.);

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , 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 %. Исходя из размерности величины ожидаемой трудоемкости, продолжительного  $i$  – типа работ определяется по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{ч_i}, \quad (5.3)$$

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.).

В ходе данной работы количество человек, выполнявших каждую из работ на каждом из этапов, равняется одному. Результаты расчетов трудоемкости каждого вида работ представлены в таблице 13.

### 5.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (5.4)$$

где  $T_{ki}$  – 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:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (5.5)$$

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

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

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

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

Величина посчитанного коэффициента календарности:

$$k = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22.$$

Расчетные данные сведены в таблице 5.5, на основании которой был построен календарный план-график.

Таблица 5.5 – Временные показатели проведения научного исследования

i	Исполнитель	$t_{min i}$	$t_{max i}$	$t_{ож i}$	$\Psi_i$	$T_{p i}$ , раб.дн	$T_k$ , кал.дн.
1	Руководитель	1	1	1,8	1	2	2
2	Студент	2	5	3,2	1	3	4
3	Руководитель	1	2	1,4	1	1	1
4	Руководитель	2	6	3,6	1	4	5
5	Руководитель	4	7	5,2	1	5	6
6	Студент	2	4	2,8	1	3	4
7	Студент	2	4	2,8	1	3	4
8	Студент	14	30	20,4	1	20	24
9	Студент	1	2	1,4	1	1	1
10	Студент	2	4	2,8	1	3	4
11	Руководитель	1	2	1,4	1	1	1
12	Студент	2	4	2,8	1	3	4
Итого		34	71	49,6	-	49	60

### 5.2.3 Календарный план-график в виде диаграммы Ганта

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 5.6.

Таблица 5.6 – Календарный план-график проведения НИР по теме

№	Исп.	Т <sub>кi</sub> , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ													
			Апрель				Май				Июнь					
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Р	2		▨												
2	С	4			■											
3	Р	1			▨											
4	Р	5				▨										
5	Р	6					▨									
6	С	4					■									
7	С	4						■								
8	С	24							■	■	■	■	■	■	■	■
9	С	1													■	
10	С	4													■	
11	Р	1													▨	
12	С	4														■

■ - студент; ▨ - руководитель.

### 5.3 Бюджет научно-технического исследования

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

1. Материалы.
2. Основная заработная плата исполнителей темы;
3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы;
4. Отчисления во внебюджетные фонды.
5. Затраты на амортизационные отчисления.
6. Накладные расходы.

#### 5.3.1 Расчет материальных расходов

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты на электроэнергию. Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблице 5.7.

Отсутствие в таблице разделения на источники финансирования говорит о том, что источник один. Источник финансов в данной работе – студент.

Мощность рабочей ПК: 0,1 кВт.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C = C_{\text{эл}} \cdot P \cdot F_{\text{об}} = 5,8 \cdot 0,1 \cdot 360 = 210, \quad (5.6)$$

где  $C_{\text{эл}}$  – тариф на промышленную электроэнергию (5,8 руб. за 1 кВт·ч);

$P$  – мощность оборудования, кВт/ч;

$F_{\text{об}}$  – время использования оборудования, ч.

Таблица 5.7 – Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб
Электроэнергия, потребленная ПК	–	36 кВт·час	5,8	210
Электроэнергия потребленная оборудованием (Альфарад +)		47 кВт·час	5,8	273
Бумага	SvetoCopy	1 пачка	210	210
Печать на листе А4	–	80	1,5	120
Ручка	Cello Writer	1	25	25
Доступ в интернет	–	3 месяца	299	897
Всего за материалы				1735
Транспортно-заготовительные расходы				0
Итого:				1735

### 5.3.2 Расчёт амортизации оборудования для экспериментальных работ

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

В данной исследовательской работе к спецоборудованию, необходимому для проведения экспериментальных работ, относится радиометр радона «Альфарад Плюс», стоимость которых приведена в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Затраты на спецоборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	«Альфарад Плюс»	1	250 000	250 000
Итого:				250 000

Срок эксплуатации данного оборудования составляет порядка 5 лет. Таким образом затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{аморт}} = C_{\text{об}} / T, \quad (5.7)$$

где  $C_{об}$  – стоимость оборудования, руб.;

$T$  – срок службы, дни.

Таким образом затраты на амортизацию оборудования «Альфарад Плюс»:

$$C_{аморт} = (250000 / (5 \cdot 251)) = 135 \text{ руб/дн.}$$

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

$$C_{аморт(общ)} = 135 \cdot 60 = 8100 \text{ руб.}$$

### 5.3.3 Расчет заработной платы исполнителей НТИ

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 НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.8)$$

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

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

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

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



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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} \quad (5.9)$$

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:

$$Z_{\text{дн}} = (Z_{\text{м}} \cdot M) / F_{\text{д}}, \quad (5.10)$$

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 5.9 – 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 доклад работника с учетом районного коэффициента для Томска  $k_p = 1,3$ , вычисляется:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot 1,3. \quad (5.11)$$

Основная заработная плата руководителя за период проведения работ равна:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot 1,3 = 26300 \cdot 1,3 = 34190 \text{ руб./месяц};$$

$$Z_{дн} = (Z_M \cdot M) / F_d = (34190 \cdot 10,4) / 251 = 1417 \text{ руб./день};$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} = 1415 \cdot 15 = 21255 \text{ руб.}$$

Таблица 5.10 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{TC}$ , руб.	$k_p$	$Z_M$ , руб./месяц	$Z_{дн}$ , руб./день	$T_{p,раб.}$ дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	26300	1,3	34190	1417	15	21255
Студент	9893	1,3	12861	533	45	23985
<b>Итого <math>Z_{осн}</math></b>						<b>45240</b>

### 5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (5.12)$$

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

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы;

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

Дополнительная заработная плата для руководителя вычисляется следующим образом:

$$Z_{доп} = 26300 \cdot 0,12 = 3156 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{доп}$	$Z_{осн}$	$Z_{доп}$
Руководитель	0,12	26300	3156
Студент	0,12	9893	1187
<b>Итого</b>			<b>4343</b>

### 5.3.5 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:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (5.13)$$

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%.

$$k_{внеб} = k_{пф} + k_c + k_{пн}, \quad (5.14)$$

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

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

$$k_{внеб} = 0,271.$$

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

$$З_{внеб} = 0,271 \cdot (21255 + 3156) = 6615 \text{ руб.}$$

Таблица 5.12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Студент
Основная заработная плата, руб.	21255	23985
Дополнительная заработная плата, руб.	3156	1187
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	0,271
Сумма отчислений	6615	6822
<b>Итого</b>	<b>13437</b>	

### 5.3.6 Накладные расходы

Для учета накладных расходов нужно учесть расходы на содержание аппарата управления и общехозяйственных (общеуниверситетских) служб, которые в равной степени относятся ко всем выполняемым НИИ. По этой статье учитываются оплата труда административно-управленческого персонала, содержание зданий, оргтехники и хозяйственного инвентаря, амортизация имущества, расходы по охране труда и подготовке кадров.

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Накладные расходы составляют 12-16% от суммы основной и дополнительной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении темы. Величина коэффициента накладных расходов взята в размере 16%.

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (5.15)$$

$$C_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (21255 + 3156) = 3906 \text{ руб.}$$

### 5.3.7 Формирование бюджеты затрат научно-технического исследования

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 5.13.

Таблица 5.13 – Бюджет на научно-исследовательский проект

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	1735
2. Затраты на амортизацию	8100
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	45240
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4343
5. Отчисления во внебюджетные фонды	13437
6. Накладные расходы	3906
<b>Бюджет затрат НТИ</b>	<b>76761</b>

### 5.4 Определение ресурсной эффективности исследования

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.16)$$

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

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля). Так как разработка имеет одно исполнение, то:

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{68752}{68752} = 1.$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.17)$$

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

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

$b_i^a$ ,  $b_i^p$  – бальная 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 5.14).

Таблица 5.14 – Оценка характеристик исполнения проекта

Критерии	Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Оценка
1. Способствует росту производительности труда пользователя		0,20	5
2. Удобство в эксплуатации		0,15	3
3. Помехоустойчивость		0,15	4
4. Энергосбережение		0,20	4
5. Надежность		0,25	4
6. Материалоемкость		0,05	5
ИТОГО		1	

$$I_{pi} = 5 \cdot 0.2 + 3 \cdot 0.15 + 4 \cdot 0.15 + 4 \cdot 0.20 + 4 \cdot 0.25 + 5 \cdot 0.05 = 4.1$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.исп.1}}, I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.исп.2}} \text{ и т.д.} \quad (5.18)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл. 5.15) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}. \quad (5.19)$$

Таблица 5.15 – Эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Оценка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.1
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.

## **6. Социальная ответственность**

Охрана труда – это система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека во время труда.

Полностью безопасных и безвредных производств не существует. Задача охраны труда – свести к минимуму вероятность поражения или заболевания работающего с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда. Реальные производственные условия характеризуются, как правило, наличием некоторых опасных и вредных производственных факторов.

Опасным производственным фактором согласно [13] называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

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

### **6.1 Анализ опасных и вредных факторов**

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические.

Дипломная работа была выполнена на кафедре «Прикладной физики». Работа выполнялась с использованием современной вычислительной техники, что позволило достичь высокой эффективности процесса и уменьшения временных затрат на его проведение.

В ходе выполнения ВКР на инженера воздействуют следующие факторы:



– физические: температура и влажность воздуха; шум; статическое электричество; электромагнитное поле низкой частоты; освещённость; наличие излучения;

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

Ниже в таблице 6.1 приведены основные виды работ, проводимых в рамках выполнения квалификационной работы и классифицированных с точки зрения опасных и вредных факторов. Там же приведены соответствующие нормативные документы, регламентирующие основные правила безопасности.

Таблица 6.1 – Основные элементы производственного процесса при выполнении квалификационной работы, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Калибровка прибора «Альфарад плюс»	Повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне	Электрический ток	1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СП 2.6.1.2523-09. 2. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.Электробезопасность
Измерение плотности потока радона на территории Лагерного сада	уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне	-	1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СП 2.6.1.2523-09.
Обработка данных за ПЭВМ	Воздействие радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ и т.д.)	Электрический ток	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»



При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования:

- высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680- 800мм;
- 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.

Организация рабочего места показана на рисунке 6.2.

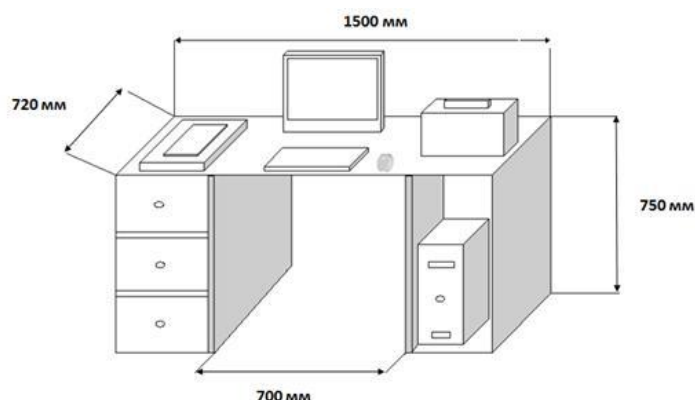


Рисунок 6.2 – Схема организации рабочего места

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 420- 550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглаблённым 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° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30°. Кроме того, должна быть возможность выбирать уровень

контрастности и яркости изображения на экране. Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

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

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

### 6.2.3 Условия безопасной работы

Основные параметры, характеризующие условия труда – это микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Микроклимат – комплекс физических факторов внутренней среды помещений, оказывающий влияние на тепловой обмен организма и здоровье человека.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата и приведены в таблицах 6.2 и 6.3.

Таблица 6.2 – Оптимальные параметры микроклимата

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

Таблица 6.3– Допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже допустимого	Диапазон выше допустимого		Диапазон ниже допустимого	Диапазон выше допустимого
Холодный	20,0-21,9	24,1-25,0	15-75	0,1	0,1
Тёплый	21,0-22,9	25,1-28,0	15-75	0,1	0,2

Температура – степень нагретости воздуха в рабочем помещении. По закону при восьмичасовом рабочем дне температура воздуха в офисном помещении должна составлять 23-25°С в теплое время года и 22-24 °С в холодное (при относительной влажности 40-60%). Отклонение от нормы разрешено лишь на 1-2°С. Допустимое колебание температуры во время рабочего дня – не больше 3-4°С.

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. При объеме помещения до 20 м<sup>3</sup> в него должно подаваться, не менее 30 м<sup>3</sup>/ч наружного воздуха на одного человека. В случае объема помещения более 40м<sup>3</sup> на одного человека допускается естественная циркуляции, но с учетом отсутствия выделения вредных веществ.

В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что подача приточного воздуха идет в помещения без предварительной очистки и подогрева.

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.

Значения уровня шума в помещениях офисов, проектных и научно-исследовательских организаций:

- допустимый уровень – 45 дБ;
- максимальный уровень – 60 дБ;
- оптимальный уровень – 50 дБ.

При выполнении работы на ЭВМ уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 50 дБ.

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Согласно [14] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

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

Плотность магнитного потока должна быть не более:

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

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 [14] 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.

В производственном помещении применяется общее равномерное освещение с помощью люминесцентных ламп.

Согласно требованиям [15] освещенность рабочих поверхностей должна быть не менее 200 лк.

### **6.3. Радиационная безопасность**

Главная цель радиационной безопасности – охрана здоровья людей от вредного воздействия ионизирующего излучения путем соблюдения основных принципов и норм радиационной безопасности.

Главным документом по радиационной безопасности при организации работ с источниками ионизирующих излучений является “Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений”.

Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить торможение функции кроветворных органов, нарушение нормальной свертываемости крови и увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение сопротивляемости организма инфекционным заболеваниям и др. Поэтому, при работе с источниками ионизирующего излучения необходимо применять защитные меры, которые должны предотвращать радиоактивное загрязнение воздуха, поверхности рабочих помещений, кожи и одежды персонала.

Все работы с радионуклидами подразделяют на два вида: на работу с закрытыми источниками ионизирующих излучений и работу с открытыми радиоактивными источниками. В ходе работы проводили калибровку прибора «Альфарад плюс» с использованием закрытого радиоактивного источника.

Основным требованием к обеспечению радиационной безопасности при работе с закрытыми источниками является сооружение защит для снижения внешних потоков излучения на рабочем месте и в соседних комнатах до допустимых уровней [16].

Работа с источниками излучения закрытого типа предусматривает следующие положения:

- при работе с закрытыми источниками излучения не предъявляется специального требования к отделке помещения, так как на них не попадают радиоактивные вещества;

- должен осуществляться контроль герметичности источников. Запрещается использовать закрытые источники в случае нарушения их герметичности, а также по истечении срока эксплуатации источника без возобновления разрешения на его использование, принимаемого комиссионным путем;

- устройство, в которое помещен радионуклидный источник, должно быть устойчиво к механическим, химическим, температурным и другим воздействиям и соответствовать условиям его использования;

- в нерабочем положении все радионуклидные источники должны находиться в защитных устройствах, в специально отведенных местах или в оборудованных хранилищах, обеспечивающих их сохранность и исключающих доступ к ним посторонних лиц. Активность радионуклидов, находящихся в хранилище, не должна превышать значений, указанных в санитарно-эпидемиологическом заключении;

- запрещается прикасаться к радионуклидным источникам руками. При работе с источниками, извлеченными из защитных контейнеров, должны использоваться соответствующие защитные экраны и манипуляторы;

- радионуклидные источники, не пригодные для дальнейшего использования, должны рассматриваться как радиоактивные отходы, своевременно списываться и сдаваться на захоронение в сроки, согласованные с местными органами Госсаннадзора.



Существуют допустимые уровни доз, получаемые человеком. Уровни разделяются в соответствии с категорией по нормам радиационной безопасности: персонал группы А, Б и население. Студенты относятся к персоналу группы Б. Пределы допустимых доз для персонала группы А и населения приведены в таблице 6.4. Пределы доз и допустимые уровни для персонала группы Б равны 1/4 от группы А. В ходе выполнения ВКР нормы предельной дозы и мощности эквивалентной дозы не были превышены.

Таблица 6.4 – Пределы допустимых доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал (группы А)	Население
Эквивалентная доза	20мЗв	1мЗв
Эквивалентная доза за год: В хрусталике в коже В кистях и стопах	150мЗв 500мЗв 5000мЗв	15мЗв 50мЗв 50мЗв

Значения проектной мощности эквивалентной дозы для стандартной продолжительности пребывания в помещениях и на территориях персонала приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Мощность эквивалентной дозы используемой при проектировании защиты

Категория облучаемых лиц		Назначение помещения	Продолжительность облучения, ч/год	Проектируемая мощность дозы, мкЗв/ч
Персонал	Гр.А	Постоянное пребывание	700	6,0
		Временное пребывание	850	12
	Гр.Б	Помещение организации и территория С.З.З., где нах-ся. пер.гр.Б	2000	1,2

## 6.4 Электробезопасность

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования. Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами. Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

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

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок.

- Отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы;
- вывешивание плакатов, указывающих место работы;
- заземление корпусов всех установок через нулевой провод;
- покрытие металлических поверхностей инструментов надёжной изоляцией;
- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заключение в корпуса электропоражающих элементов, заключение в корпус токоведущих частей) [17].

## 6.5 Пожарная и взрывная безопасность

Согласно [18], 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 по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

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

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.

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);
- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов;
- 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 аварийной ситуации необходимо:

- сообщить руководству (дежурному);
- позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС – тел. 112;
- принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

## Список использованных источников

1. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации: Доклад Научного комитета ООН по действию атомной радиации генеральной Ассамблеи за 1988 г., с приложениями: В 2-х т. – М.: Мир, 1992.
2. Радон – невидимый убийца [Электронный ресурс] // За здоровье: [сайт]. – 2012 – 2016. – Режим доступа: <https://zazdorovye.ru/radon-nevidimyj-ubijca/>, свободный (дата обращения: 24.11.2016).
3. Cecile Ferry, Patrick Richon, Alain Beneito, Marie-Christine Robe. Evaluation of the effect of a cover layer on radon exhalation from uranium mill tailings: transient radon flux analysis. *Journal of Environmental Radioactivity* 63 (2002) 49–64.
4. C. Ferry, A. Beneito, P. Richon and M.-C. Robe. An automatic device for measuring the effect of meteorological factors on radon-222 flux from soils in the long term. *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 93, No. 3, pp. 271–274 (2001) Nuclear Technology Publishing.
5. Masakazu OTA, Takao IIDA, Hiromi YAMAZAWA, Shuichi NAGARA, Yuu ISHIMORI, Kazuhiko SATO and Takayuki TOKIZAWA. Suppression of Radon Exhalation from Soil by Covering with Clay-mixed Soil. *Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY*, Vol. 44, No. 5, p. 791–800 (2007).
6. S. Jha, A.H. Khan, U.C. Mishra. A study of the  $^{222}\text{Rn}$  flux from soil in the U mineralised belt at Jaduguda. *Journal of Environmental Radioactivity* 49 (2000) 157-169.
7. В.В. Крамаренко. Грунтоведение. Учебник для академического бакалавриата. Москва 2016. С.133-160.
8. Ландшафтный дизайн и дачное строительство [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.ldportal.ru/>.
9. Пустыльник, Евгений Изиевич. Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Е. И. Пустыльник. — Москва: Наука, 1968. — 288 с.: ил.. — Физико-математическая библиотека инженера.

10. Брандт, З.. Статистические методы анализа наблюдений : перевод с английского / З. Брандт. — Москва: Мир, 1975. — 312 с.: ил.. — Доп. тит. лист. — Библиогр.: с. 306-308. — Предметный указатель: с. 309-310..

11. Теория вероятностей и математическая статистика для технических университетов учебное пособие: / О. Л. Крицкий [и др.] ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) . — Томск : Изд-во ТПУ , 2014

12. Воскобойников, Юрий Евгеньевич. Регрессионный анализ данных в пакете MATHCAD : учебное пособие / Ю. Е. Воскобойников. — СПб.: Лань, 2011. — 224 с.: ил. + CD-ROM. — Учебники для вузов. Специальная литература. — Библиогр.: с. 220.. — ISBN 978-5-8114-1096-5.

13. ГОСТ 12.0.002-80. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.

14.ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ Опасные и вредные факторы. Классификация. – М.: ИПК: Изд-во стандартов, 1997 г.

15. Строительные нормы и правила СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78)

16. Машкович В.П., Панченко Л.М. Основы радиационной безопасности М.:»Энергоатомиздат».-1990.

17. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [Текст]. – Введ. 30.06.82. – Утв. постановлением Госстандарта СССР от 30.06.82 N 2987.

18. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. [Текст]. – Взамен ГОСТ 12.1.004.-85. – Введ. 01.07.92. – Утв. Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 14.06.91 № 875.

## Приложение А

Таблица А.1 – Результаты плотности потока радона и количества осадков на поверхности суглинистой почвы.

Дата	Время измерения	ППР, мБк·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>	Осадки, мм	Дата	Время измерения	ППР, мБк·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>	Осадки, мм
14 мая	10:09	35	0	22 мая	12:10	30	0,7
	11:04	25			12:40	49	
	11:29	33			13:05	62	
15 мая	16:53	24	3,8	23 мая	9:40	26	0,5
	17:19	41			10:07	66	
	17:45	69			10:34	59	
	19:34	31		24 мая	9:22	36	0,8
	20:00	41			9:50	35	
16 мая	10:38	57	0		10:16	55	0,1
	11:04	71			15:17	46	
	11:30	52					
17 мая	9:09	41	6				
	9:35	70					
	10:00	68					
18 мая	12:33	58	0,2				
	12:58	20					
	13:25	30					
21 мая	15:15	22	0				
	15:45	23					
	16:15	38					

Таблица А.2 – Результаты плотности потока радона и количества осадков на поверхности сланцев.

Дата	Время измерения	ППР, мБк·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>	Осадки, мм	Дата	Время измерения	ППР, мБк·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>	Осадки, мм
14 мая	14:37	37	0	23 мая	13:34	31	0
	15:03	29			14:01	59	
	15:43	34			14:27	30	
15 мая	18:27	23	3,8	24 мая	12:02	24	0,8
	18:52	24			12:31	23	
16 мая	13:43	22	0,1		12:58	23	0,1
	14:10	33			13:24	49	
17 мая	17:05	37	6,2				
	17:30	49					
18 мая	15:49	40	0,2				
	16:15	39					
22 мая	14:39	27	1,2				
	15:05	26					
	15:32	25					



Таблица А.3 – Результаты плотности потока радона и количества осадков на поверхности глины.

Дата	Время измерения	ППР, мБк·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>	Осадки, мм	Дата	Время измерения	ППР, мБк·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>	Осадки, мм
17 мая	18:07	20	6,2	24 мая	13:55	39	0,1
	18:33	50			14:20	59	
18 мая	16:50	31	0,2		14:45	112	
	17:18	26					
22 мая	16:06	32	1,2				
	16:34	82					
	17:00	133					
23 мая	15:03	40	0				
	15:30	55					
	15:57	94					