

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Изучение влияния влажности грунтов на результаты измерения радона
УДК 539.163:546.2:624.131.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Чан Тхи Тху Хиен		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Беспалов В.И.	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
Ядерная физика и технологии	Бычков П.Н	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общекультурные 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

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

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
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

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	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 Ядерные физика и технологии
Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ 23.04.2018 Бычков П.Н.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0А4А	Чан Тхи Тху Хиен

Тема работы:

Изучение влияния влажности грунтов на результаты измерения радона	
Утверждена приказом директора	№ 2199/с от 28.03.2018 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1) Радиометры радона Альфарад Плюс 2) Измерительный комплекс «Альфарад плюс- АР» 3) Методика измерения плотности потока радона 4) Статистические методы анализа
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) Аналитический обзор литературы 2) Выбор методов исследования 3) Изучение методик и приборов 4) Проведение эксперимента 5) Анализ полученных результатов

	6) Финансовый менеджмент 7) Социальная ответственность 8) Выводы и заключение
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент отделения социально - гуманитарных наук, к.э.н. Меньшикова Екатерина Валентиновна
Социальная ответственность	Ассистент отделения ядерно-топливного цикла, к. ф.-м. н. Гоголева Т.С.

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Чан Тхи Тху Хиен		

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

Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии
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:

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 направления 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 кафедры ПФ	Беспалов В.И.	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
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0А4А	Чан Тхи Тху Хиен

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:</i>	<ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды: шум, микроклимат, ионизирующее излучение; – опасных проявлений факторов производственной среды: вероятность возникновения пожара, вероятность поражения электрическим током.
<i>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	электробезопасность, пожаробезопасность, требования по охране труда при работе на ПВЭМ, радиационная безопасность

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения ядерно-топливного цикла	Гоголева Татьяна Сергеевна	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Чан Тхи Тху Хиен		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А4А	Чан Тхи Тху Хиен

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

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

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

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Чан Тхи Тху Хиен		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 85 с., 33 рис., 32 табл., 16 источников.

Ключевые слова: радоноопасность, плотность потока радона (ППР), радиометр радона, влажность грунтов,.

Целью работы является изучение влияния влажности грунтов разного типа на результаты измерения плотности потока радона.

В процессе исследования сделан обзор литературы по теме исследования. Изучить характеристики влажности и методы их определения. Провести измерения влажности грунтов и ППР. Провести статистическую обработку результатов измерений. Сделать выводы по результатам исследования.

Область применения: радиационная безопасность, экология.

Значимость работы: В Российской Федерации 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 тип грунтов и их влажность.

В будущем планируется изучение влияния влажности на выход радона из поверхности других типа грунта.

Выпускная квалификационная работа выполнена на отделение ЯТЦ ИЯТШ ТПУ, измерения проведены в г. Томске.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 с применением пакета Microsoft Excel 2010.

Изучение влияния влажности грунтов на результаты измерения радона

Содержание

Введение.....	14
1. Обзор литературы о влиянии влажности почв на результаты измерения ППР	16
1.1 Обзор литературы в журналах РФ	16
1.1.1 Комплексные мониторинговые исследования формирования радоновых полей грунтовых массивов. Часть 3. Результаты мониторинга плотности потока радона с поверхности грунта [1].....	16
1.2 Обзор иностранной литературы о влиянии влажности грунтов на плотность потока радона	18
1.2.1 Выход радона и его зависимость от содержания влаги в образцах почвы и строительных материалов [2]	18
1.2.2 Влияние метеорологических и почвенных параметров на R_n [3]	22
1.2.3 Плотность потока радона из открытого грунта вблизи урановой шахты во влажных сухих тропиках [4].....	23
1.2.4 Влияние влажности почвы на плотности потока радона и торона [5]	24
2. Влажность грунтов и методы её определения	26
3. Эксперимент в городе Томск	29
3.1 Планирование эксперимента	29
3.2 Результаты определения влажности грунтов.....	30
3.3 Аппаратура и методика измерений ППР	32
4. Результаты эксперимента и их анализ	36
4.1 Основные результаты измерений.....	36
4.2 Анализ влияния влажности грунтов на результаты измерения плотности потока радона	41
Заключение	48
5. Социальная ответственность	49
5.1 Опасные и вредные факторы работы.....	49
5.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ.....	51

5.2.1	Организационные мероприятия	51
5.2.2	Технические мероприятия	51
5.2.3	Условия безопасной работы	53
5.3	Радиационная безопасность	56
5.4	Электробезопасность	58
5.5	Пожарная и взрывная безопасность.....	60
6.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	63
6.1	Потенциальные потребители результатов исследования	63
6.1.1	Анализ конкурентных технических решений.....	64
6.1.2	SWOT-анализ.....	66
6.2	Планирование научно-исследовательской работы.....	67
6.2.1	Определение трудоемкости выполнения НИР	68
6.2.2	Разработка графика проведения научного исследования.....	70
6.2.3	Календарный план-график в виде диаграммы Ганта	71
6.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	73
6.3.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	73
6.3.2	Расчёт амортизации оборудования для экспериментальных работ	74
6.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	75
6.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	77
6.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)...	78
6.3.6	Накладные расходы	79
6.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	80
6.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	80
	Список литературы	84

Введение

РАДОН – благородный газ без цвета и запаха, ядовит, да еще и радиоактивен. Он легко растворяется в воде, а еще лучше в жировых тканях живых организмов. Так как радон довольно тяжел (в 7,5 раз тяжелее воздуха), он «обитает» в толщах земных пород, и, конечно, за счет диффузии в атмосферу. Интересен тот факт, что радон, являясь инертным газом, не образует аэрозолей, т. е. не присоединяется к пылинкам, тяжёлым ионам и т. д. Из-за химической инертности и сравнительно большого периода полураспада (3,8 дней) он может мигрировать по трещинам, порам почвы и пород на большие расстояния.

Радон попадает в легкие человека вместе с воздухом и задерживаются в них. Распадаясь, радон испускать выделяют альфа-частицы, поражающие клетки эпителия. Распад ядер радона приводят к микроожогам в легочной ткани поэтому повышенная концентрация газа в воздухе может привести к раку. Также альфа-частицы вызывают повреждения в хромосомах клеток костного мозга человека, что увеличивает вероятность развития лейкозов. Продукты распада радона также является радиоактивными. Известно, радон – 222 занимает второе место причина как рака легких после курения ((Darby et al., 2005; WHO, 2009) и является основным источником внутреннего облучения человека.

В последние годы значительно возрос интерес специалистов к радоновой проблематике, что в первую очередь связано с неблагоприятным воздействием этого газа на экологическую обстановку. В частности, многие исследователи считают, что радоновые аномалии значительно опаснее радиоактивных выбросов при техногенных катастрофах на АЭС. По материалам ООН, в ежегодном облучении человечества доля воздействия продуктов различных испытаний составляет 0,7 %, от работы АЭС – 0,3%, при медицинских обследованиях – 34%, естественных природных факторов – 22%, а продуктов распада радона – 43%. Именно поэтому изучению концентраций этого газа как в почвенном воздухе, так и в воздухе жилых и

производственных помещений уделяется серьезное (но всетаки еще недостаточное) внимание во многих странах мира.

Радон – продукт распада уранового ряда, выделяется главным образом из грунтов, и в силу своих свойств может накапливаться в помещениях, поэтому при проектировании новых зданий необходимо оценивать потенциальную радоноопасность территорий застройки. В России для проведения таких оценок, используется метод измерения плотности потока радона (ППР) с поверхности земли. Радон выходит на поверхность земли вследствие диффузионного переноса в грунте, поэтому ППР зависит от характеристик грунтов. Влажность является одной из важных характеристик грунтов, поэтому данная работа посвящена изучению влияния влажности на результаты измерения ППР.

Целью данной работы является изучение влияния влажности грунтов разного типа на результаты измерения ППР.

В соответствии с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

1. Обзор литературы по теме исследования.
2. Изучить характеристики влажности и методы их определения.
3. Провести измерения влажности грунтов и ППР.
4. Провести статистическую обработку результатов измерений.
5. Сделать выводы по результатам исследования.

1. Обзор литературы о влиянии влажности почв на результаты измерения ППР

1.1 Обзор литературы в журналах РФ

1.1.1 Комплексные мониторинговые исследования формирования радоновых полей грунтовых массивов. Часть 3. Результаты мониторинга плотности потока радона с поверхности грунта [1]

В работе приведены результаты измерения плотности потока радона и влажности поверхности грунта на открытой местности в Московской экспериментальной площадке (ЭП) в течение 2011–2013 г. Определение ППР с поверхности грунта на ЭП проводили методом сорбции радона на активированный уголь при помощи измерительного комплекса для мониторинга радона Камера.

В данном исследовании измерения проводили в течение почти трех лет с июля 2011 по август 2014 года (с июля 2011 по октябрь 2013 получен практически непрерывный еженедельный ряд, затем после перерыва еженедельные наблюдения были возобновлены летом 2014 года и продолжались до августа). Для сохранения единого временного масштаба результаты наблюдений на Московской ЭП приводятся на трех рисунках (рис.1–3). Измерения ППР проводили в 20 контрольных точках, расположенных в узлах сети с шагом не более 10м. Сеансы, как правило, проводились еженедельно, по возможности в один и тот же день (обычно пятница). Этот порядок нарушался лишь изредка, преимущественно из-за невозможности работ на площадке вследствие погодных условий.

На каждом рисунке приведены отдельные графики, отражающие временные вариации следующих показателей (номера графиков):

- 1) Среднего (по точкам) за сеанс значения плотности потока радона с поверхности открытого грунта на ЭП, полученного по результатам измерений в контрольных точках;
- 2) Относительной влажности почвы (средняя по площадке за сеанс на глубине 5 см).



Рисунок 1 Результаты мониторинга на Московской ЭП за период с июня 2011 по август 2012 года (открытый грунт). Объяснения обозначений графиков приведены в тексте.



Рисунок 2 Результаты мониторинга на Московской ЭП за период с июня 2012 по август 2013 года (открытый грунт). Объяснения обозначений графиков приведены в тексте.



Рисунок 3 Результаты мониторинга на Московской ЭП за период с июня 2013 по август 2014 года (открытый грунт). Объяснения обозначений графиков приведены в тексте.

Из рисунков видно, что радоновое поле на всех площадках характеризуется значительными временными колебаниями. Максимальные средние значения ППР на всех площадках фиксируются в конце лета и в начале зимы, преимущественно в августе и в конце ноября начале декабря, минимальные осенью и особенно весной, когда на всех площадках периодически отмечается резкое снижение ППР до значений 2–5 мБк/м²с в среднем по площадке (рис 1–3). Судя по данным, представленным выше, характер влияния влажности почвы на ППР непостоянен во времени.

В статье не проведен расчет коэффициента корреляции между ППР и влажностью почвы. Надо заметить, что в периоде с 21.07.2011 до 06.02.2013 измерения влажности проведены не для каждого сеанса. А в периоде с 06.02.2013 по 26.08.14 её измерили еженедельно, поэтому можно заметить некоторые тенденции: в периодах с 29.05.2013 по 26.06.2013, с 04.08.2013 по 27.08.2013 и с 08.07.2014 по 05.08.2014 влажность уменьшается и ППР увеличивается, а в с 27.08.2013 по 15.10.2013 влажность увеличивается и ППР уменьшается. Отсюда можно предварительно сказать, что существует обратная связь между влажностью и ППР. Следует отметить, что измерения проведены при высокой влажности грунтов от 25...30% и выше.

1.2 Обзор иностранной литературы о влиянии влажности грунтов на плотность потока радона

За рубежом также проведены исследования по изучению влияния влажности грунтов на результаты измерения ППР. Далее представлен обзор иностранной литературы, посвященной данному вопросу.

1.2.1 Выход радона и его зависимость от содержания влаги в образцах почвы и строительных материалов [2]

Проницаемость почвы является основным фактором, влияющим на уровни радона в жилищах. Проницаемость, в свою очередь, зависит от влажности почв. Поскольку измерение проницаемости почвы затруднено,

плотность потока радона, которая представляет собой число атомов радона, покидающих почву на единицу площади поверхности в единицу времени от земли, считается лучшим показателем риска радона.

В работе приведены результаты измерения плотности потока радона с поверхности предварительно измельченных и высушенных образцов при разных значениях массовой влажности. В этом исследовании авторы представляют данные о зависимости плотности потока радона от влажности в образцах грунта, собранных в провинции Пенджаб в Пакистане с использованием техники закрытого сосуда (рис.4).

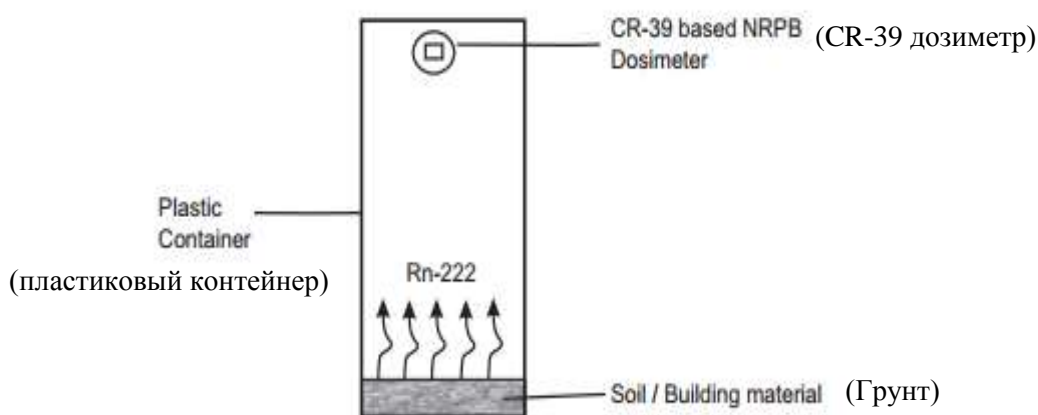


Рисунок 4 Экспериментальная установка для измерения плотности потока радона в почве.

В работе для измерения радона использованы трековые детекторы; время экспозиции составляло 30 дней. Определено число треков, и концентрацию $^{222}\text{Rn}(C_{\text{Rn}})$ в пластиковых сосудах определяли с использованием калибровочного коэффициента $1 \text{ кБк.м}^{-3} = 2,7 \text{ трека см}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$. В закрытом сосуде, который содержит образец, концентрация активности ^{222}Rn в воздухе возрастает от нуля до его максимального значения. После достижения максимального значения, происходит обратная диффузия радона от воздуха в грунт и приводит к уменьшению концентрации активности ^{222}Rn в сосуде. В начале, концентрация активности радона в воздухе сосуда низкая по сравнению с концентрацией активности радона в грунте. Когда концентрация радона в воздухе приближается к концентрации радона в грунте, радон имеет

значительную вероятность обратной диффузии в образец. Поэтому плотность потока радона F_0 с учетом обратной диффузии определялась с использованием следующего уравнения (Rehman et al., 2006b, Jang et al., 2004):

$$F_0 = \frac{C_{Rn} (\alpha S + V\lambda)}{S[1 - e^{-(\alpha S/V + \lambda)t}]}, \quad (1)$$

где C_{Rn} – концентрация активности радона (Бк.м⁻³),

α – постоянная обратной диффузии,

S – площадь поверхности образца (м²),

V – объем накопительного сосуда (м³),

λ – константа распада ²²²Rn (ч⁻¹),

t – общая длина экспозиции (дни).

Были проведены дополнительные измерения для изучения влияния влажности. В образец почвы добавляли различные количества воды в интервале от 0 до 20% массовой доли. После введения влаги в образцы они помещались в пластиковые контейнеры, а детекторы устанавливались в нем на расстоянии 25 см. Затем контейнеры закрывались и проводилось измерение плотности потока радона.

В таблице 1 представлены показатели выдоха радона образцов почвы и песка с различной влажностью.

Таблица 1 Влияние влаги на плотность потока радона на образцах почвы и песка.

Влажность почвы, %	Плотность потока радона, мБк.м ⁻² .ч ⁻¹	
	Грунт	Песок
0	482	165
5	916	212
10	1253	301
15	964	399
20	627	327

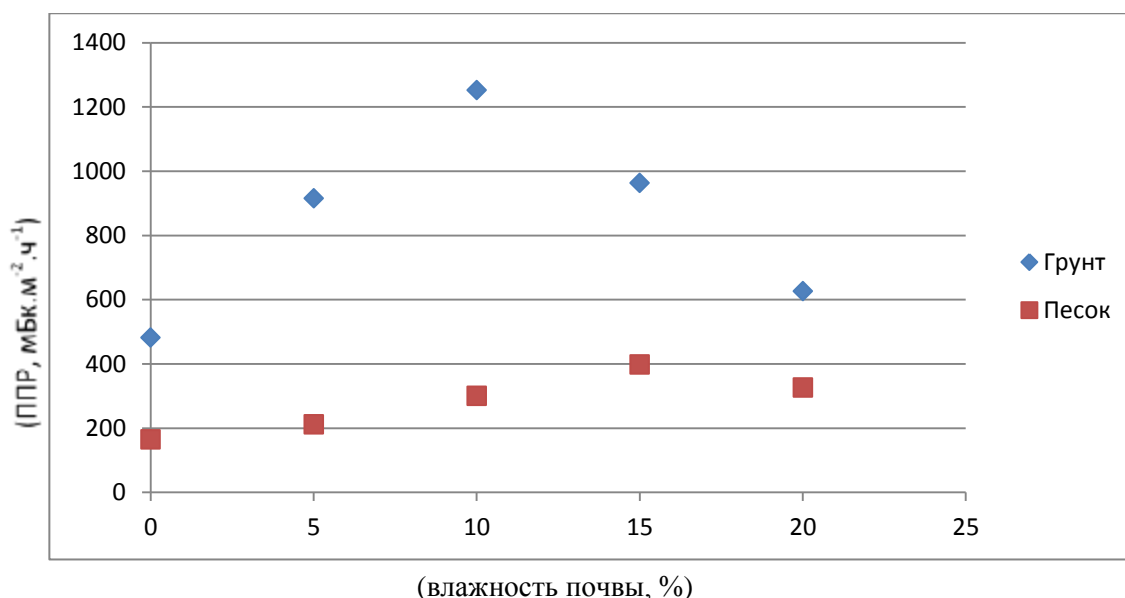


Рисунок. 5 Влияние влаги на плотность потока радона на образцах почвы и песка.

Как видно из табл.1 и рис.5, при влажности образцов в диапазоне 0%...20% плотность потока радона сначала увеличивается с увеличением влажности во всех образцах, достигает максимального значения при влажности, равной 10%...15% и уменьшается с дальнейшим увеличением влажности почвы. Влияние влажности на плотность потока радона можно разделить на два разных режима: (1) при низком и умеренном содержании влаги диффузия происходит преимущественно в порах, заполненных воздухом, и радон распределяется между воздухом и водой в равновесии. В этих условиях концентрация радона в почве увеличивается с увеличением влажности; (2) при высоком содержании влаги диффузия происходит преимущественно в заполненных водой порах, а равновесие воздух и вода существует только вблизи границ раздела. В этих условиях концентрация радона в почвенном воздухе может быть низкой.

В данной работе сделаны следующие выводы: ППР-лучший показатель радоновых рисков. Сильное влияние влажности на ППР: сначала рост (до 10% –15%), потом уменьшение. Результаты, полученные в данной работе, не соответствуют природным условиям, т.к. измерения проведены на предварительно высушенных и измельченных образцах. Следовательно, структура почвы была нарушена, в том числе изменилась пористость образцов.

Хорошо известно, что ППР зависит не только от влажности, но и от пористости. Поэтому полученные результаты не могут характеризовать плотность потока радона на поверхности почвы.

1.2.2 Влияние метеорологических и почвенных параметров на Rn [3]

В настоящей работе долгосрочные непрерывные измерения плотности потока радона проводились на одном участке в сочетании с измерениями влажности в почве. На основании этого большого количества данных были изучены корреляции между плотностью потока радона и влажностью почвы.

Плотность потока радона измеряли методом накопительной камеры. Содержание влаги в почве при глубине 20 и 50 см измерялись с помощью зондов влажности почвы. Измерения проводились в университетском городке Токийского университета науки, расположенном в пригороде Токио. Почва - слой песчаника Канто, состоящий из мелкого суглинка. Проницаемость почвенного воздуха составляла 10–12 м² при обычном содержании воды, которое составляет более 0,35 по объему. Климат имеет сезон дождей в период с июня по июль, влажный и жаркий летний муссон в июле–сентябре и холодный и ветреный зимний муссон в течение декабря–февраля.

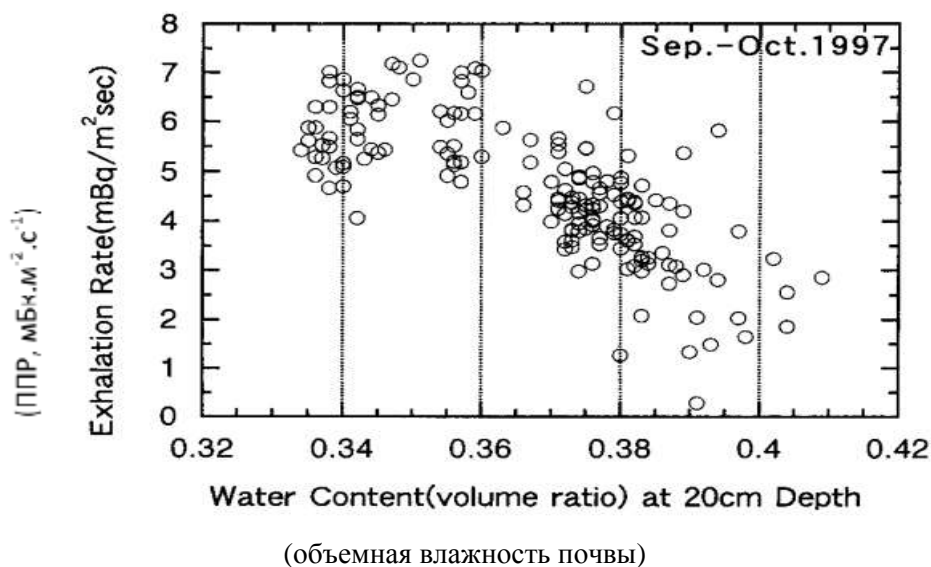


Рисунок 6: Связь между плотностью потока радона и объемной влажностью почвы на глубине 20 см.

На рисунке 6 показано соотношение между содержанием воды на глубине 20 см и скоростью выдоха радона, измеренной в период с сентября по октябрь 1998 года. Для содержания воды, превышающей объемную долю около 35%, скорость выдоха, безусловно, уменьшается с увеличением содержания воды. Это может быть вызвано двумя эффектами: эффект укупорки произошел на поверхности земли во время сильных осадков и снижения воздухопроницаемости в почве. Кроме того для влажности, меньшей 35%, также наблюдается тенденция уменьшения выдоха с уменьшением содержания воды. Отметим, что измерения проведены при влажности почвы в диапазоне 33%...41%.

Таким образом, одним из основных факторов, влияющих на значение плотности потока радона, является влажность почвы. Данные по влажности почвы, полученные во время и после осадков, указывают на то, что наибольшее влияние осадки оказывают на влажность почвы до глубин 20 см. С другой стороны, влажность почвы на глубине 50 см нечувствительна к несильному дождю, и увеличение содержания воды часто сопровождается временным отставанием в течение нескольких часов после начала ливня.

1.2.3 Плотность потока радона из открытого грунта вблизи урановой шахты во влажных сухих тропиках [4]

Исследование было проведено во влажных сухих тропиках, примерно в 230 км к востоку от Дарвина на Северной территории Австралии. Плотность потока ^{222}Rn измеряли двумя способами: активированными угольными канистрами и сцинтилляционными эманометрами. Почвенная влажность является основным фактором, контролирующим вариации выдоха радона во время сезона дождей. Измерения влажности почвы были проведены на четырех участках во время измерений плотности потока радона. На рис 7, представлены значения плотности потока радона (в относительных единицах) в зависимости от влажности почвы на четырех участках. Общая тенденция увеличения ППР наблюдается, когда почва превращается из сухих во влажные,

а максимум зарегистрирован при объемной влажности почвы от 3% до 4%. Значения ППР стали быстро уменьшаться когда влажность почвы превышала 5%. Диапазон значений влажности составил от 1% до 12%.

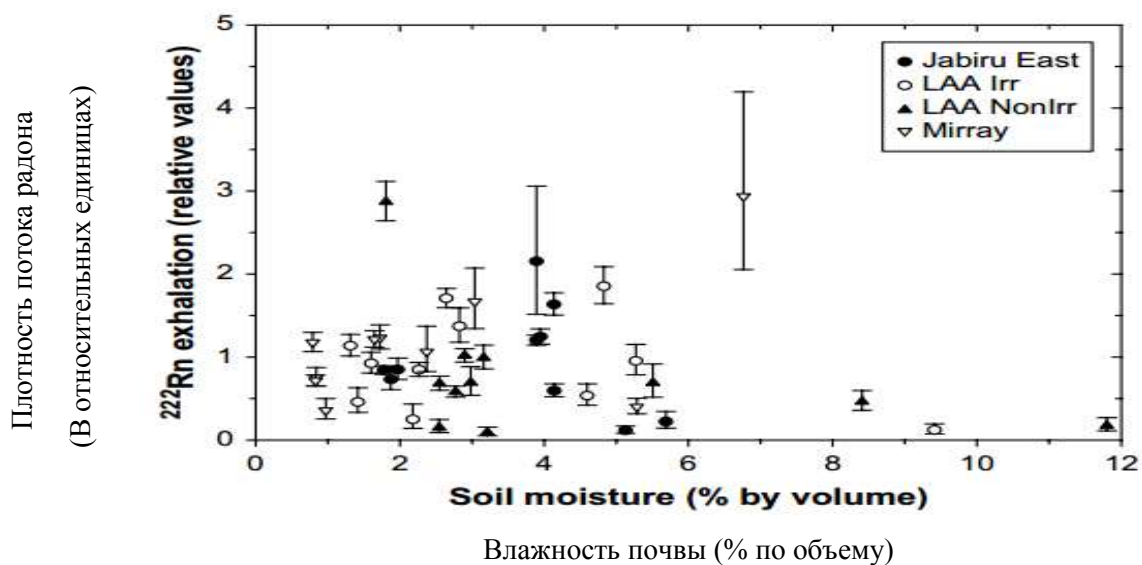


Рисунок 7 Относительная плотность потока радона в зависимости от влажности почвы.

1.2.4 Влияние влажности почвы на плотности потока радона и торона [5]

Измерение плотность потока радона проводилось с использованием прибора для измерения ППР, принимающего метод накопления. В этом эксперименте использовалась выветренная гранитная почва центральной префектуры Ибараки. Почву упаковывали в контейнер из полипропилена, 275×210 мм² и 100 мм в высоту, глубиной до 50 мм снизу. Контейнер встряхивали, чтобы образец грунта упаковывался плотно и равномерно. Через две недели после помещения почвы в контейнер вода распылялась на поверхности почвы с помощью распылителя. После того, как почва была перемешана так, чтобы влажность почвы была однородным, в центре образца почвы на глубине 1 см помещался датчик уровня влажного акваметра (UIZ–ECH₂ O10: зонд 150×33 мм UIZIN Co.). Радон, который рассеивается с поверхности земли измерялся. Время измерения составляло 30с, и измерения проводились неоднократно в течение 30 мин. Скорости выдоха радона

рассчитывались по скоростям 10 мин и 30 мин после начала измерений соответственно. По прошествии пяти недель образец грунта был удален из контейнера. Образец почвы затем высушивали при 105°C в течение 24ч с использованием печи. Образец грунта и аква-метр почвы снова закрывали в контейнере, а скорость выдоха измеряли в условиях сухого грунта.

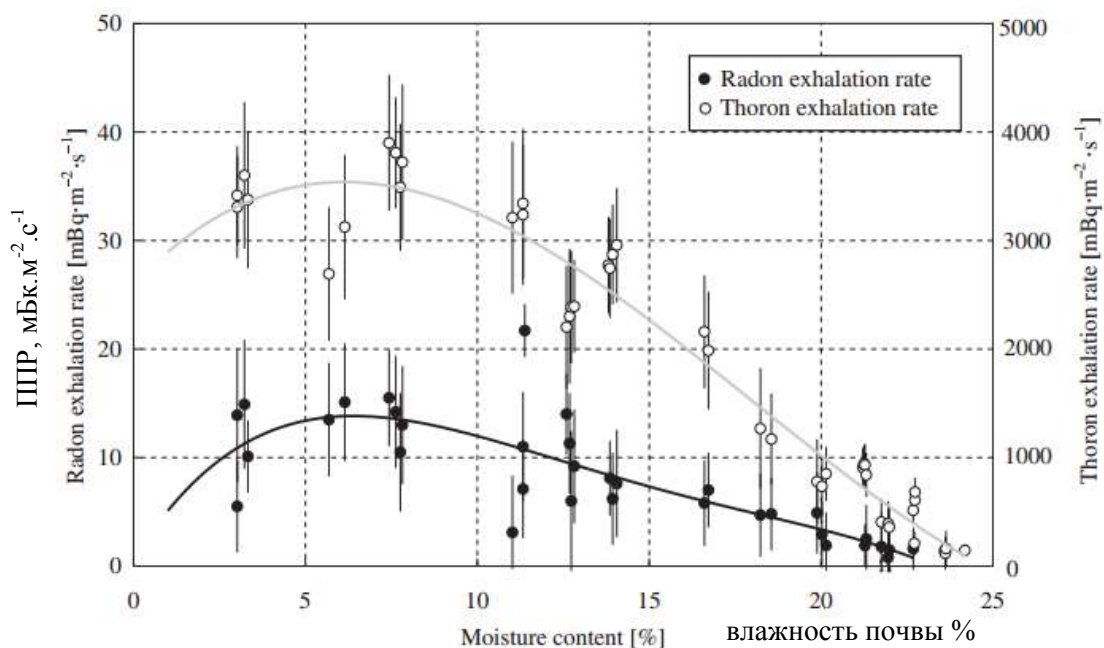


Рисунок 8 Зависимость плотности потока радона от влажности почвы.

Из рис.8 при влажности в почве ниже 6–8% плотности потока радона демонстрируют тенденцию к увеличению с увеличением влажности почвы. После того, как влажность в почве увеличилось до 6–8%, плотность потока радона неуклонно снижалась.

При содержании влаги в почве ниже 8% измеренная скорость выдоха имела тенденцию к увеличению. Когда влажность почвы превысила 8%, измеренная скорость выдоха неуклонно снижалась. Теория такова: До определенного уровня влажности, вода вытесняет из почвы. Если содержание воды превышает определенный уровень, радон и торон растворяются в воде и, следовательно, выдох затем подавляется. Однако для выяснения механизма эманации требуются более подробные данные о физических свойствах почвы.

Обзор зарубежной литературы показал, что с ростом влажности грунта ППР сначала увеличивается, достигает максимального значения и потом

уменьшается. Однако положение максимума ППР и диапазоны влажности разные в каждой работе. Возможно, это объясняется тем что, в каждой работе изучено влияние влажности для разных грунтов. Известно, что ППР зависит не только влажности, но других свойств грунта, например, пористости и плотности.

2. Влажность грунтов и методы её определения

Все количество воды, содержащееся в порах горных пород и почв в естественном их залегании, называется естественной влажностью. Ее принято определять высушиванием из образцов до постоянного веса при температуре 105–107°C.

Естественная влажность равна доле массы воды в грунте (Δm) к массе отобранного грунта:

$$\omega = \frac{\text{масса воды}}{\text{масса отобранного грунта}} = \frac{\Delta m}{m}, \quad (2)$$

Весовая или абсолютная влажность определяет долю массы воды в грунте (Δm) к массе сухого грунта m_d : [6]

$$\omega_a = \frac{\text{масса воды}}{\text{масса сухого грунта}} = \frac{\Delta m}{m_d}, \quad (3)$$

Объемная влажность определяет долю объема грунта, заполненного водой:[6]

$$\omega_v = \frac{\text{объем воды}}{\text{объем всего грунта}} = \frac{V_w}{V_{tot}} = \frac{\Delta m / \rho_w}{m / \rho} = \frac{\Delta m \cdot \rho}{m \cdot \rho_w}, \quad (4)$$

Для характеристики физического состояния породы знание величины влажности еще недостаточно: необходимо определить степень заполнения пор водой. Для этого находят *относительную влажность* или *коэффициент влажности* грунта по формуле: [7]

$$G = \frac{\omega_v}{\eta} = \frac{\omega_a \rho_s}{e}, \quad (5)$$

где ω_v – объемная влажность;

$$\eta – \text{пористость (\%); } \eta = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s};$$

ω_a – абсолютная влажность в долях единицы;

ρ_s – плотность минеральных частиц грунта;

$$e – \text{коэффициент пористости; } e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1.$$

Очевидно, коэффициент влажности определяется отношением доли пор, заполненных водой, к доле объема грунта, приходящихся на поры. Величина может изменяться от 0 (при $\omega_v = 0$) до 1 ($\omega_v = \eta$).

Степень влажности или *коэффициент водонасыщения* S_r характеризует относительную долю объема воды в объеме пор грунта. Степень влажности используется для определения расчетных сопротивлений грунтов при проектировании естественных оснований зданий и сооружений. Ее величина численно равно отношению объема воды или жидкости (V_w) к объему пор грунта (V_n): [6]

$$S_r = \frac{\text{объем воды}}{\text{объем пор грунта}} = \frac{\Delta m}{\rho_s \cdot \eta \cdot V_{tot}} = \frac{\Delta m \cdot \rho}{m \cdot \rho_s \cdot \eta}, \quad (6)$$

Коэффициент водонасыщения является классификационным показателем для дисперсных несвязных грунтов: грунты называются маловлажными при $S_r < 0,5$, влажными при $0,5 < S_r < 0,8$ и насыщенными водой при $S_r > 0,8$.

Для определения массовой влажности грунта использовали метод режущего кольца.



Рисунок 9 – Режущие кольца

Отбор и обработка образцов грунта осуществляется следующим образом: в лаборатории предварительно кольца нумеруют, измеряют внутренний диаметр и высоту. По результатам измерений вычисляют объем кольца. На исследуемом участке вдавливают кольцо в грунт, не допуская перекосов, после заполнения кольца грунт подрезают, зачищают поверхность грунта вровень с краями кольца и выталкивают грунт. Грунт взвешивают.

Существует несколько методов определения массовой влажности грунта, но мы выбрали метод высушивания до постоянной массы из-за простой реализуемости и низкой стоимости. Последовательность действий в данном методе:

- пробу грунта в закрытом бюксе взвешивают;
- открытый бюкс помещают нагретый сушильный шкаф. Грунт высушивают в течение t мин при температуре $(250-290)^\circ\text{C}$;
- после каждого высушивания закрытый бюкс взвешивают;
- высушивание проводят до получения незначительной разности масс грунта с бюксом при двух последующих взвешиваниях.

3. Эксперимент в городе Томск

3.1 Планирование эксперимента

Измерения влажности грунтов и ППР проводили в весенне–летний период (май-июнь) 2018 года на территории Лагерного сада в г. Томске (рис.10). Известно, что на ППР сильно влияют физические параметры грунтов, которые для различных типов грунтов разные. На основании этого были выбраны три площадки, на поверхности которых располагаются разные грунты: почва, сланцы и глина. На рисунке 11 представлены места расположения площадок.

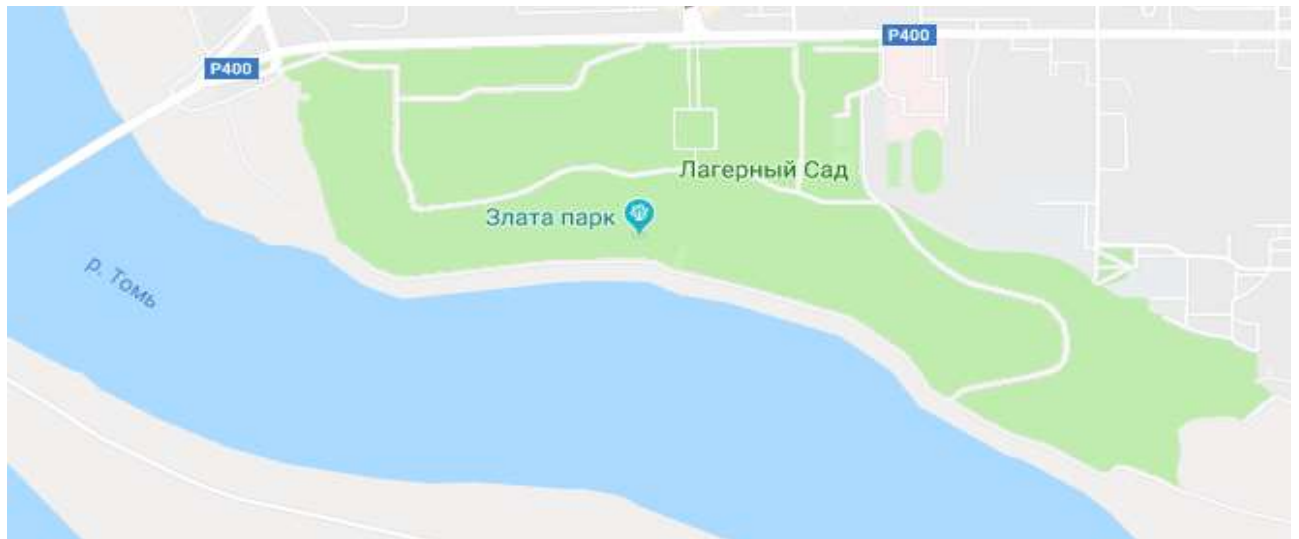


Рисунок 10 – Место нахождения Лагерного Сада.

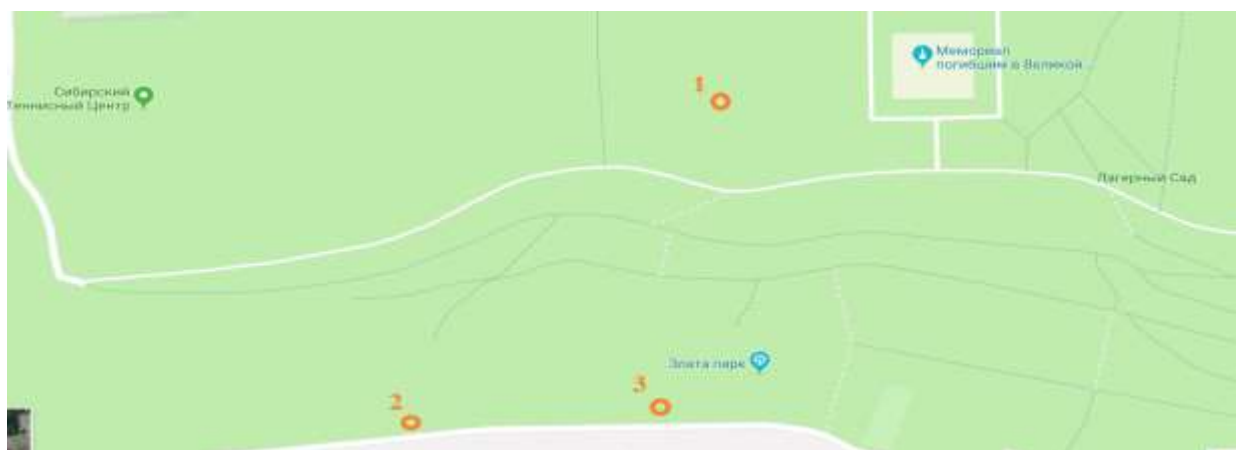


Рисунок 11 – Схема расположения точек измерения

Образцы грунта отобраны с использованием режущего кольца, с помощью которого изымали ненарушенные образцы грунта. Это сделано с

целью определить физические параметры грунтов разного типа. Влажность является одной из важных характеристик грунтов, от которой зависит ППР. В исследовании проводили анализ влияния влажности на результаты измерения ППР для разных грунтов.

3.2 Результаты определения влажности грунтов

Для определения влажности грунта использовались метод высушивания до постоянной массы. В таблице 2 и на рис.12 приведены результаты определения величины Δm от времени высушивания. Видно, что время высушивания до постоянной массы составляет 25 мин .

Таб. 2 Масса воды, испаряющей из грунта ($\Delta m = m - m(t)$), в зависимости от времени высушивания (t).

t, мин	Δm , г	ω_m , %
0	0	12,6
5	12.15	18,9
10	18.15	22,2
15	21.35	23,5
20	22.5	23,7
25	22.7	23,9
30	22.95	23.9

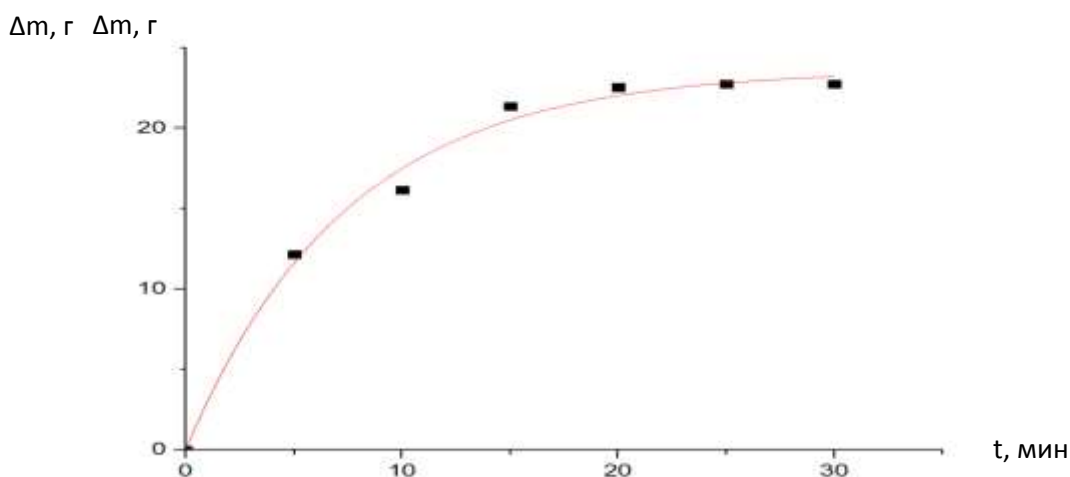


Рисунок 12 Масса воды, испаряющей из грунта, в зависимости от времени высушивания.

При проведении исследований получено 39 значений влажности поверхностного грунта в весенне–летний период 2018 года, результаты измерений представлены в таб. 3.

Таб.3 Результаты измерения влажности грунта

Дата	№ образец	Масса отобранного грунта, г	Масса сухого грунта, г	Влажность грунта, %
Поверхность				
15/05/18	1	89,19	59,97	32,76
	2	-	-	30,93
	3	95,16	67,47	29,10
16/05/18	1	81,65	62,41	23,56
	2	-	-	23,80
	3	81,72	62,07	24,04
17/05/18	1	100,46	68,40	31,91
	2	-	-	28,35
	3	86,54	65,09	24,78
18/05/18	1	100,88	70,14	30,47
	2	-	-	31,41
	3	100,48	67,98	32,34
21/05/18	1	83,80	64,39	23,16
	2	-	-	23,88
	3	86,36	65,11	24,60
22/05/18	1	100,36	67,50	32,74
	2	-	-	31,46
	3	87,54	61,13	30,17
23/05/18	1	88,39	61,67	30,23
	2	-	-	30,01
	3	86,56	60,78	29,78

Сланцы				
15/05/18	1	115,43	85,27	26,13
16/05/18	1	112,17	86,55	22,84
	2	111,37	85,27	23,43
17/05/18	1	111,16	85,08	23,46
	2	116,09	89,63	22,80
18/05/18	1	112,06	86,88	22,46
	2	112,09	85,98	23,29
22/05/18	1	111,97	91,28	21,96
	2	-	-	22,56
	3	114,09	87,68	23,15
23/05/18	1	112,45	86,80	22,81
	2	-	-	22,76
	3	113,95	88,09	22,70
Глина				
17/05/18	1	92,82	74,69	19,53
	2	90,71	72,84	19,70
18/05/18	1	92,02	73,90	19,69
	2	90,16	73,02	19,00
22/05/18	1	89,46	76,11	14,92
	2	-	-	14,87
	3	89,48	76,23	14,81
23/05/18	1	91,13	77,15	15,34
	2	-	-	14,53
	3	91,05	78,57	13,71

3.3 Аппаратура и методика измерений ППР

Комплекс измерительный для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов «Альфарад плюс» (далее – Комплекс). «Альфарад плюс»

предназначен для экспрессных измерений и непрерывного мониторинга поровой активности (ОА) радона-222 (^{222}Rn) и количества распадов ^{216}Po (ThA), а также эквивалентной объемной активности (ЭРОА) радона и торона-220 (^{220}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.

Комплекс состоит из блока измерения ЭРОА, блока измерения ОА, автономной воздуходувки и пробоотборных устройств.

Принцип действия блока измерения ЭРОА основан на осаждении дисперсной фазы радиоактивных аэрозолей на фильтр с последующим измерением количества дочерних продуктов распада радона и торона на фильтре по числу зарегистрированных детектором альфа- частиц.

Принцип действия блока измерения ОА радона основан на электростатическом осаждении заряженных ионов ^{218}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 амплитудо-цифрового преобразователя и далее обрабатываются встроенным одноплатным компьютером. Результаты измерений выводятся на цветной жидкокристаллический экран и сохраняются в энергонезависимой памяти.

Наличие специальных пробоотборных устройств и автономной воздуходувки позволяет проводить отбор проб и измерять содержания радона-222 в воде, почвенном воздухе, определять плотность потока радона с поверхности грунта.

Комплекс выполнен в виде портативных блоков, размещенных в пластиковых корпусах с автономным батарейным и сетевым питанием.

Автономная воздуходувка и пробоотборные устройства размещаются в специальной укладке.



Рисунок 13. Модификация «Альфарад плюс-АР»

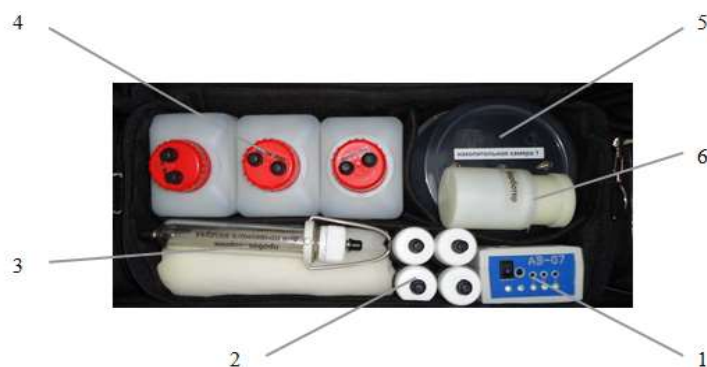


Рисунок 14 Автономная воздуходувка АВ-07с пробоотборниками.

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

Как известно, критерием радоноопасности территории в Российской Федерации является величина плотности потока радона, которая измеряется методом накопительной камеры. Этот метод основан на отборе проб радона в пробоотборники в полевых условиях с последующим измерением поровой активности радона в пробах с помощью блока измерения поровой активности в стационарных условиях. Схема отбора пробы представлена на рисунке 15.

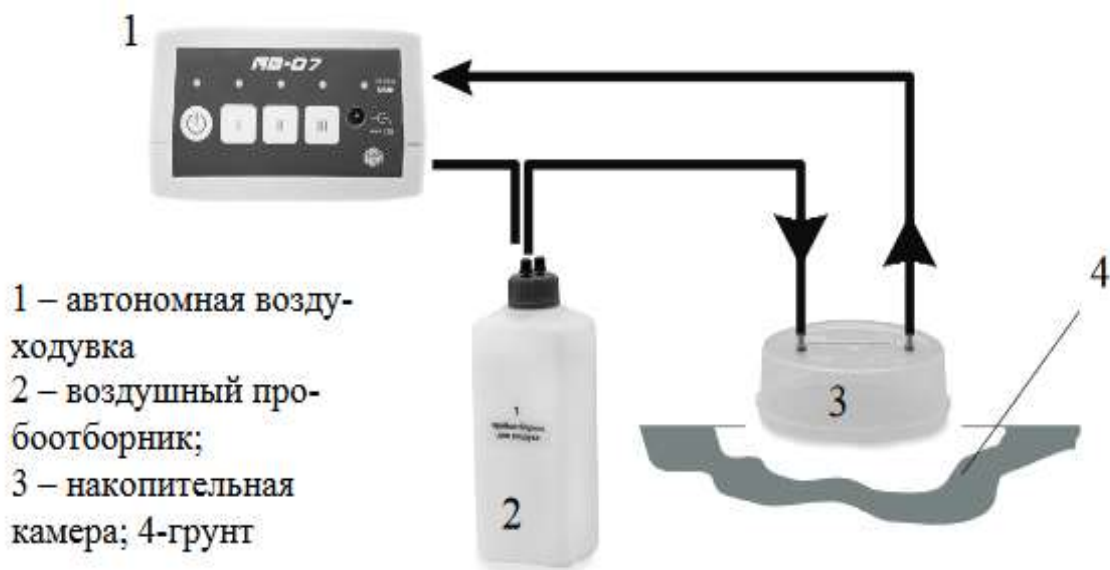


Рисунок 15 Схема отбора пробы воздуха для определения ППР

Перед тем, как устанавливать накопительную камеру, необходимо подготовить площадку. Подготовка включает в себя: очищение поверхности грунта от мусора, растительности, крупных камней, в месте установки камеры производится рыхление почвы на глубину 3–5 см. Накопительная камера устанавливается путем вдавливания краев камеры в почву, ее края присыпаются грунтом. Далее с помощью соединительных трубок собирается представленная выше схема и в течение пяти минут происходит накачка воздуха в пробоотборник. После автоматического выключения автономной воздуходувки необходимо герметизировать пробоотборник резиновыми заглушками из комплекта. Накопительную камеру извлекают из грунта и прокачивают систему с накопительной камерой в течение двух минут окружающим воздухом. Затем уже в стационарных условиях воздух из пробоотборников переводится в измерительную камеру с помощью схемы, представленной ниже (рис. 16).



Рисунок 16 Схема перевода пробы в блок измерения ППР

4. Результаты эксперимента и их анализ

4.1 Основные результаты измерений

При проведении исследований в период с 15 по 9 июня было получено 44 результатов измерения ППР. За всех период исследований методом режущего кольца было отобрано 33 проб поверхностных слоев почвы, сланцев и глины. Для отобранных образцов были определены естественная, объемная, абсолютная и относительная влажность, коэффициент водонасыщения. Дата и время проведения измерений, а также полученные результаты представлены в таблице 4–6.

Таб. 4 Плотность потока радона и характеристики влажности почвы.

Дата	время измерения	ППР, мБк·м ⁻² с ⁻¹	№ образец	m(г)	$\rho(\text{г}\cdot\text{м}^{-3})$	$m_d(\text{г})$	$\rho_d(\text{г}\cdot\text{м}^{-3})$	$\Delta m(\text{г})$	$\omega(\%)$	$\omega_a(\%)$	$\omega_v(\%)$	G	S_r
15.май	10:39	24,00	1,00	89,19	1,68	59,97	1,13	29,22	32,76	48,72	59,44	1,17	1,08
	11:04	41,00							30,93	44,89	54,76	1,07	
	11:29	69,00	2,00	95,16	1,79	67,47	1,27	27,69	29,10	41,04	50,07	0,98	1,02
16.май	10:38	57,00	1,00	81,65	1,53	62,41	1,17	19,24	23,56	30,82	37,60	0,74	0,71
	11:04	71,00							23,80	31,23	38,11	0,75	
	11:30	52,00	2,00	81,72	1,54	62,07	1,17	19,65	24,04	31,65	38,61	0,76	0,72
17.май	9:09	41,00	1,00	100,46	1,89	68,40	1,29	32,06	31,91	46,87	57,18	1,12	1,18
	9:35	70,00							28,35	39,92	48,69	0,95	
	10:00	68,00	2,00	86,54	1,63	65,09	1,22	21,45	24,78	32,95	40,20	0,79	0,79
18.май	11:33	55,00	1,00	100,88	1,90	70,14	1,32	30,74	30,47	43,83	53,47	1,05	1,13
	12:58	20,00							31,41	45,82	55,90	1,10	
	13:25	30,00	2,00	100,48	1,89	67,98	1,28	32,50	32,34	47,81	58,33	1,14	1,20
21.май	15:15	22,00	1	83,797	1,58	64,39	1,21	19,41	23,16	30,14	36,77	0,72	0,72
	15:45	23,00							23,88	37,70	38,29	0,75	
	16:15	38,00	2	86,357	1,62	65,113	1,22	21,24	24,60	32,63	39,80	0,78	0,78
22.май	12:10	30,00	1	100,357	1,89	67,5	1,27	32,86	32,74	48,68	59,39	1,16	1,21
	12:40	49,00							31,46	47,04	56,05	1,10	
	13:05	62,00	2	87,541	1,65	61,13	1,15	26,41	30,17	43,20	52,71	1,03	0,97
23.май	9:40	26,00	1	88,394	1,66	61,669	1,16	26,73	30,23	43,34	52,87	1,04	0,98
	10:07	66,00							30,01	42,88	52,31	1,03	
	10:34	59,00	2	86,557	1,63	60,779	1,14	25,78	29,78	42,41	51,74	1,01	0,95

Таб. 5 Плотность потока радона и характеристики влажности сланцы.

Дата	время измерений	ППР, мБк·м ⁻² с ⁻¹	№ образец	m(г)	$\rho(z \cdot \text{м}^{-3})$	m _d (г)	$\rho_d(z \cdot \text{м}^{-3})$	$\Delta m(\text{г})$	$\omega(\%)$	$\omega_a(\%)$	$\omega_v(\%)$	G	S _r
15.май	18:24	23	1	115,43	2,17	85,27	1,60	30,16	26,13	35,37	58,01	1,57	1,53
16.май	13:43	22	1	112,17	2,11	86,55	1,63	25,62	22,84	29,60	48,54	1,31	1,30
	14:10	33	2	111,37	2,09	85,27	1,60	26,10	23,43	30,60	50,19	1,36	1,33
17.май	17:05	37	1	111,16	2,09	85,08	1,60	26,08	23,46	30,65	50,26	1,36	1,32
	17:30	49	2	116,09	2,18	89,63	1,68	26,47	22,80	29,53	48,43	1,31	1,34
18.май	15:49	40	1	112,06	2,11	86,88	1,63	25,17	22,46	28,97	47,51	1,28	1,28
	16:15	39	2	112,09	2,11	85,98	1,62	26,11	23,29	30,37	49,80	1,35	1,33
22.май	14:39	27	1	116,97	2,20	91,28	1,72	25,69	21,96	28,14	46,15	1,25	1,31
	15:05	26							22,56	29,13	47,78	1,29	
	15:32	25	2	114,09	2,14	87,68	1,65	26,41	23,15	30,12	49,40	1,34	1,34
23.май	13:34	31	1	112,45	2,11	86,80	1,63	25,65	22,81	29,56	48,47	1,31	1,30
	14:01	59							22,76	29,46	48,31	1,31	
	14:27	30	2	113,95	2,14	88,09	1,66	25,87	22,70	29,36	48,16	1,30	1,31

Таб. 6 Плотность потока радона и характеристики влажности глина.

Дата	Время измерений	ППР, мБк·м ⁻² с ⁻¹	№ образец	m(г)	$\rho(z \cdot \text{м}^{-3})$	m _d (г)	$\rho_d(z \cdot \text{м}^{-3})$	$\Delta m(\text{г})$	$\omega(\%)$	$\omega_a(\%)$	$\omega_v(\%)$	G	Sr
17.май	18:07	20	1	92,82	1,74	74,69	1,40	18,13	19,53	24,27	34,47	1,81	1,79
	18:33	50	2	90,71	1,71	72,84	1,37	17,87	19,70	24,53	34,83	1,83	1,77
18.май	16:50	31	1	92,02	1,73	73,90	1,39	18,12	19,69	24,51	34,81	1,83	1,79
	17:18	26	2	90,16	1,69	73,02	1,37	17,13	19,00	23,46	33,31	1,75	1,69
22.май	16:06	32	1	89,462	1,68	76,112	1,43	13,35	14,92	17,54	24,91	1,31	1,32
	16:34	82							14,87	17,46	24,79	1,30	
	17:00	133	2	89,479	1,68	76,229	1,43	13,25	14,81	17,38	24,68	1,30	1,31
23.май	15:03	40	1	91,131	1,71	77,151	1,45	13,98	15,34	18,12	25,73	1,35	1,38
	15:30	55							14,53	17,01	24,15	1,27	
	15:57	94	2	91,05	1,71	78,566	1,48	12,48	13,71	15,89	22,56	1,19	1,24

В таблице 7 приведены основные результаты исследования – количество проведенных измерений, диапазоны измеренных величин, их средние значения и коэффициенты вариации. Коэффициент вариации рассчитывали по формуле:

$$K = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100\%. \quad (7)$$

где σ – стандартное отклонение; $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$,

X_i – Значение i -го измерения;

\bar{X} – Среднее значение измерения, $\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$.

Таб.7 Количество измерений, средние значения ППР и коэффициенты вариации

	Количество значений	Диапазон	Среднее значение	Коэффициент вариации (%)
ППР на поверхности почвы, (мБк/м ² .с)	21	20 – 71	46	39
ППР на поверхности сланцев, (мБк/м ² .с)	13	22 – 59	34	33
ППР на поверхности глин, (мБк/м ² .с)	10	20 – 133	56	64

Таб.8 Количество измерений, средние значения естественной влажности (ω) и коэффициенты вариации

	Количество значений	Диапазон	Среднее значение	Коэффициент вариации (%)
ω (%) на поверхности почвы	21	23 – 32	29	12
ω (%) на поверхности сланцев	13	22 – 26	23	4
ω (%) на поверхности глин	10	14 – 20	17	15

Таб.9 Количество измерений, средние значения абсолютной влажности (ω_a) и коэффициенты вариации

	Количество значений	Диапазон	Среднее значение	Коэффициент вариации (%)
ω_a (%) на поверхности почвы	21	30 – 49	41	16
ω_a (%) на поверхности сланцев	13	28 – 35	30	6
ω_a (%) на поверхности глин	10	17 – 25	20	18

Таб.10 Количество измерений, средние значения объемной влажности (ω_v) и коэффициенты вариации

	Количество значений	Диапазон	Среднее значение	Коэффициент вариации (%)
ω_v (%) на поверхности почвы	21	37 – 59	49	17
ω_v (%) на поверхности сланцев	13	46 – 58	49	6
ω_v (%) на поверхности глин	10	23 – 35	28	18

Таб.11 Количество измерений, средние значения коэффициента влажности (G) и коэффициенты вариации

	Количество значений	Диапазон	Среднее значение	Коэффициент вариации (%)
G на поверхности почвы	21	0,72 – 1,17	0,96	17
G на поверхности сланцев	13	1,25 – 1,57	1,33	6
G на поверхности глин	10	1,19 – 1,83	1,5	18

Таб.12 Количество измерений, средние значения коэффициента водонасыщения (S_r) и коэффициенты вариации

	Количество значений	Диапазон	Среднее значение	Коэффициент вариации (%)
S_r на поверхности почвы	14	0.71 – 1.21	0.96	19
S_r на поверхности сланцев	11	1.28 – 1.53	1.34	5
S_r на поверхности глин	8	1,24 – 1,79	1,54	16

Из результатов, приведенных в таблице 7, видно что самый большой разброс значений ППР наблюдается на поверхности глины. Такой результат объясняется тем, что наиболее важной характеристикой грунтов, влияющей на выход радона с их поверхности является влажность. Из сравнения данных, приведенных в таблицах 8–12 видно, что самый большой разброс характеристик влажности грунтов наблюдается для глин.

4.2 Анализ влияния влажности грунтов на результаты измерения плотности потока радона

На рисунках 17-21 представлены зависимости ППР от естественной, абсолютной, объемной влажности почвы, коэффициентов влажности и водонасыщения почвы соответственно.

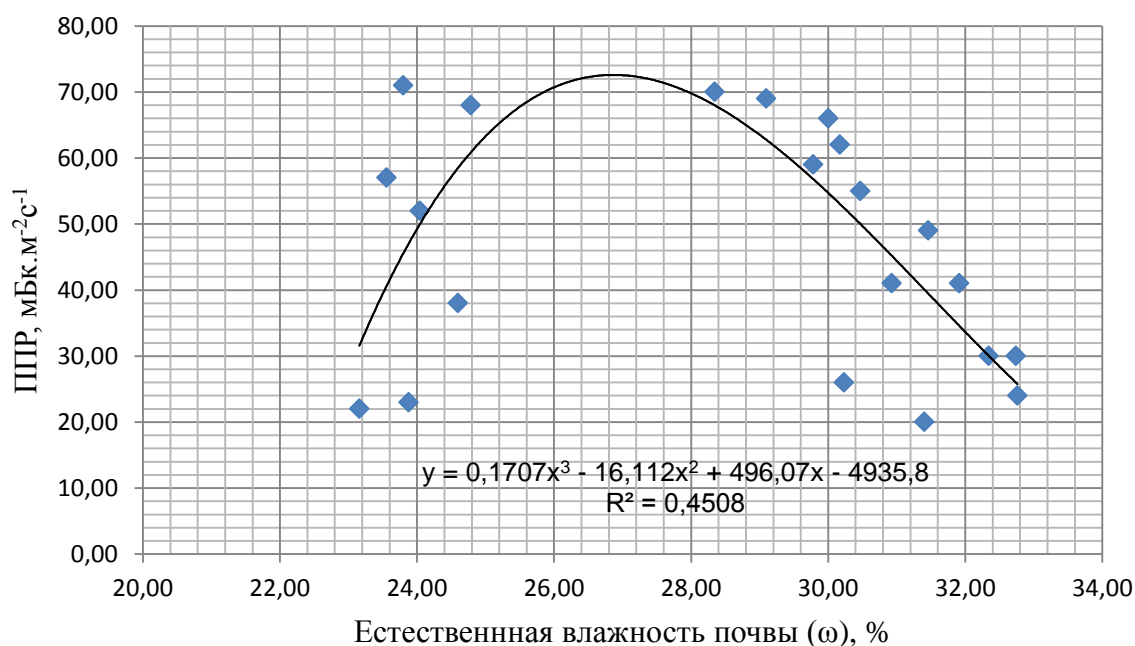


Рисунок 17. Зависимость значения ППР от естественной влажности почвы.

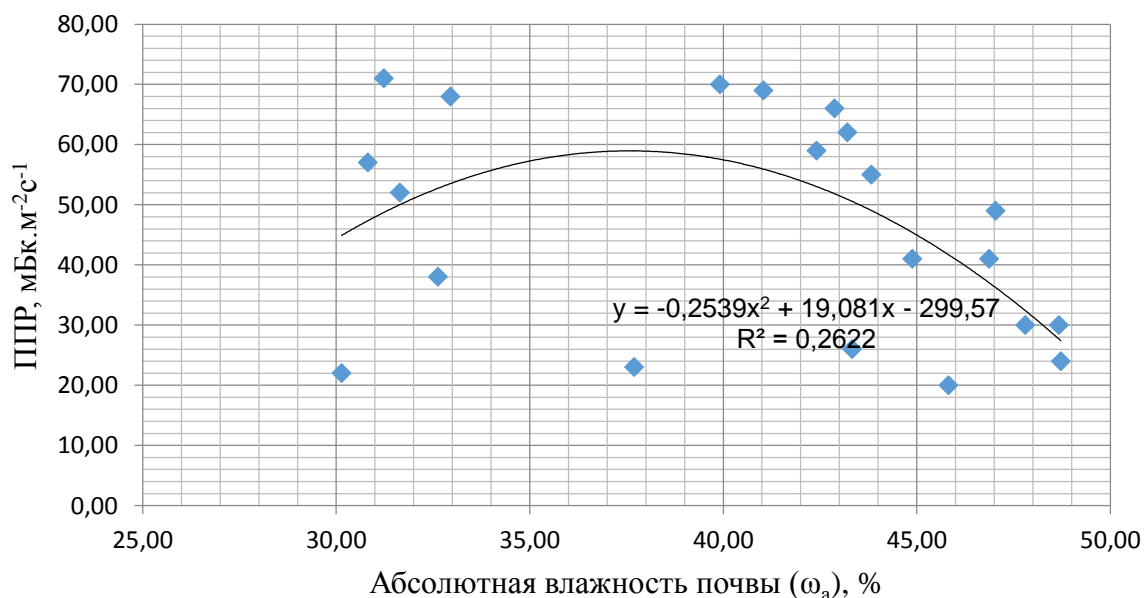


Рисунок 18. Зависимость значения ППР от абсолютная влажности почвы.

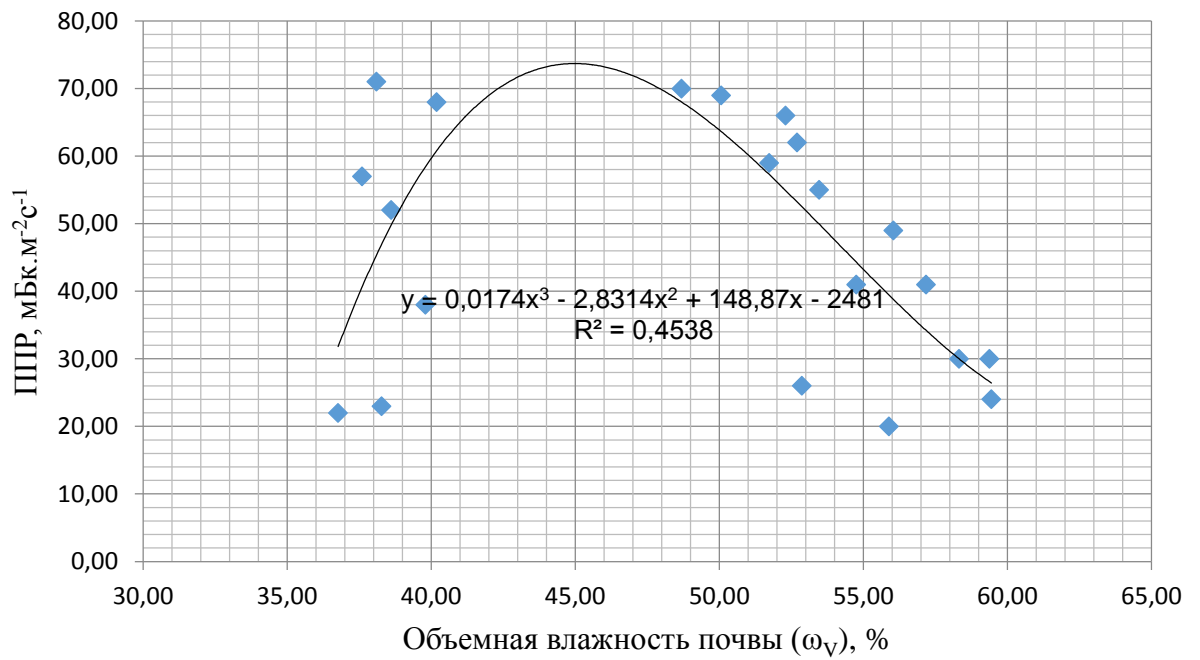


Рисунок 19. Зависимость значения ППР от объемной влажности почвы.

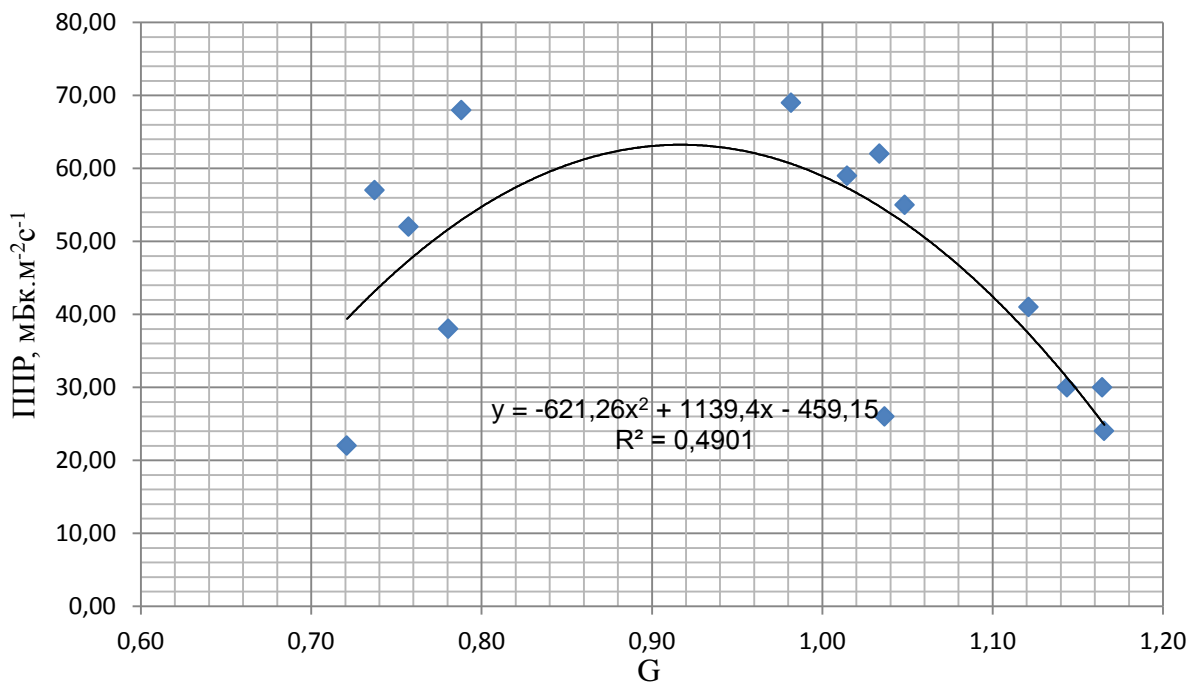


Рисунок 20. Зависимость значения ППР от коэффициента относительной влажности почвы (G).

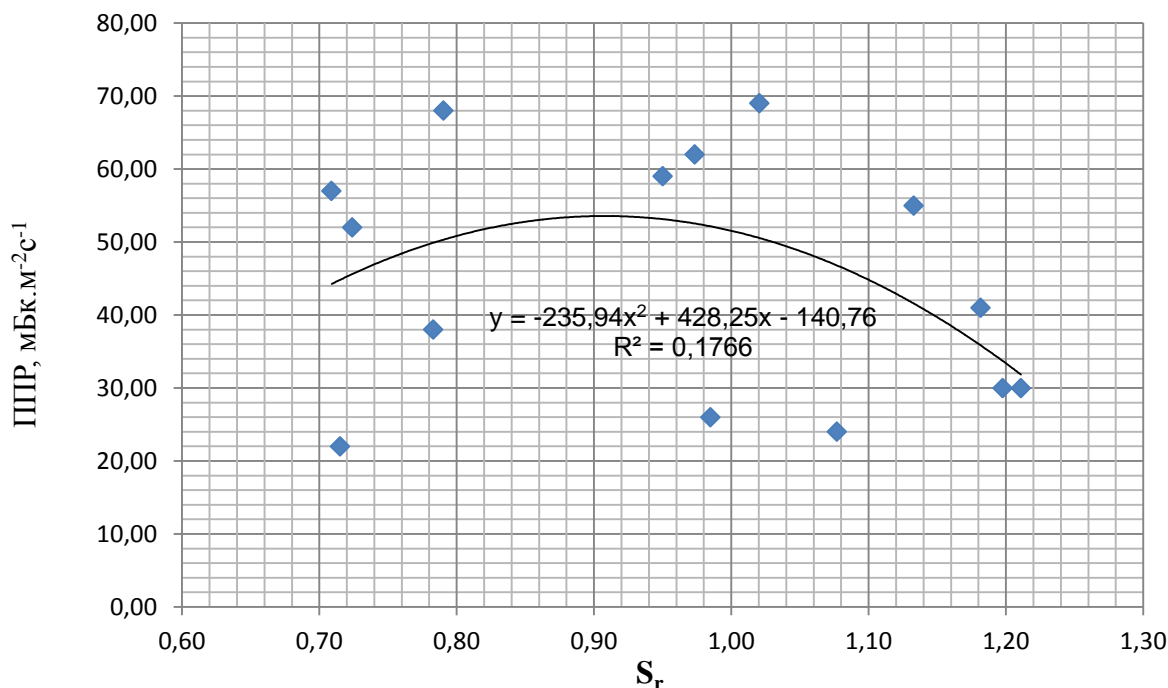


Рисунок 21. Зависимость значения ППР от коэффициента водонасыщения почвы (S_r).

Из рисунков 17-21 видно, все кривые имеют одинаковый вид: сначала ППР увеличивается с ростом влажности, достигает максимального значения и потом уменьшается. При низком содержании влаги процесс эманации радона усиливается с ростом влажности грунтов [8], что приводит к увеличению ППР. При высоком содержании влаги выходу радона на поверхность препятствует находящаяся в порах вода, т.е. вода экранирует выход радон из грунта, следовательно, ППР уменьшается. Из представленных рисунков также видно, что самый большой коэффициент регрессии наблюдается в зависимости ППР от относительной влажности грунтов (рис.20). Этот результат вполне понятен, т.к. перенос радона происходит в пространстве пор. Напомним, что коэффициент относительной влажности определяется отношением доли пор, заполненных водой, к доле объема грунта, приходящейся на поры.

На рисунках 22–26 представлены зависимости ППР от характеристик влажности с поверхности сланцев. Видно, что характер зависимостей такой же как и для почвы. Однако, влияние влажности на ППР из сланцев более слабое, кривые имеют пологий вид и меньше значения параметров регрессии.

Зависимость ППР от влажности для глины, напротив, характеризуется наличием минимума (рис.27–31).

Анализ результатов определения пористости исследовательских результатов, представленных в выпускной работе [9], показывает, что характер зависимости определяется пористостью грунтов. Самая большая пористости наблюдается у почвы (0,51), для которой кривая ППР от влажности имеет ярко выраженный максимум с уменьшением пористости. У сланцев (0,37) кривые становятся более пологими. У глины пористость очень маленькая (0,19), и соответствующие зависимости уже характеризуется минимумом. Сильное влияние пористости вполне понятно, т.к. перенос радона в грунтах происходит, в основном, в объеме пор.

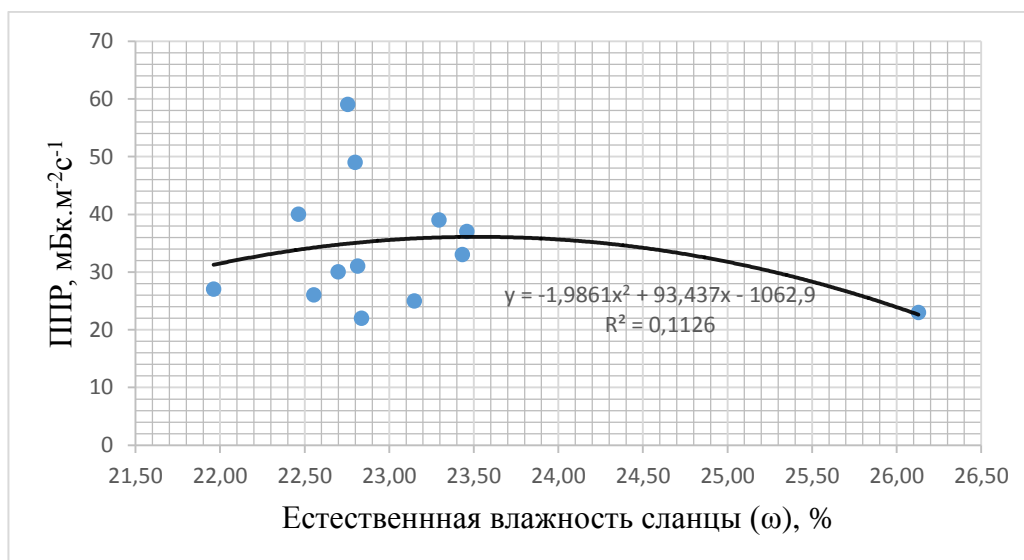


Рисунок 22. Зависимость значения ППР от естественной влажности сланцев.

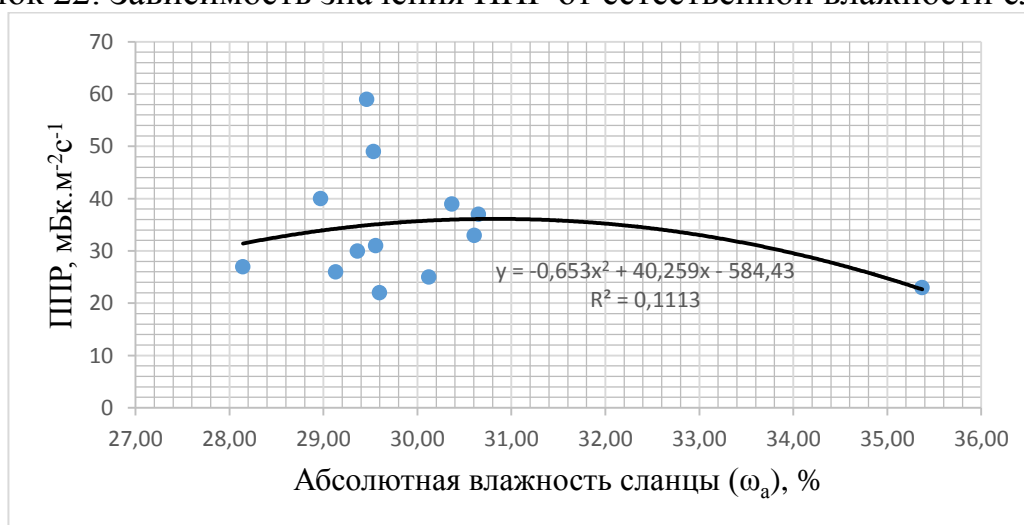


Рисунок 23. Зависимость значения ППР от абсолютная влажности сланцев.

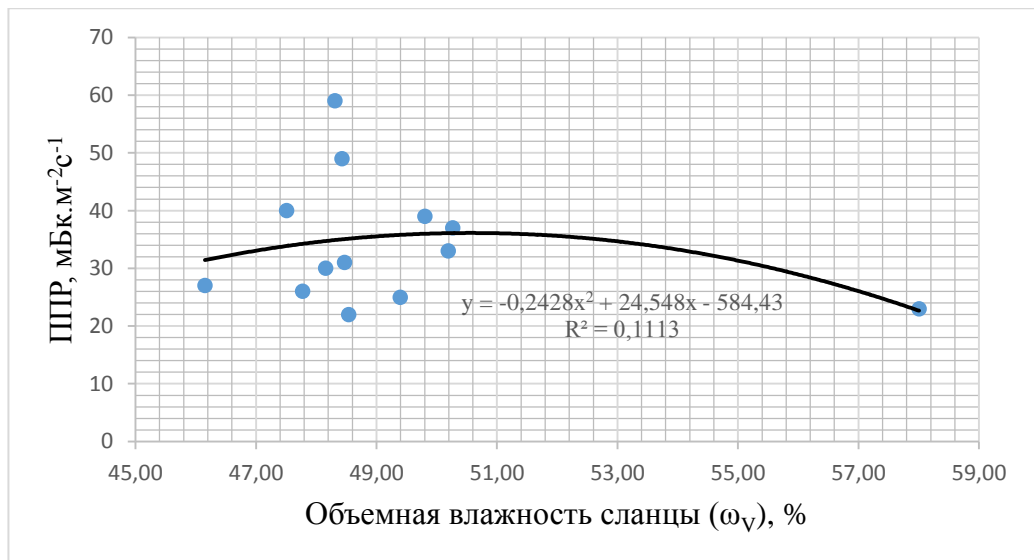


Рисунок 24. Зависимость значения ППР от объемной влажности сланцев.

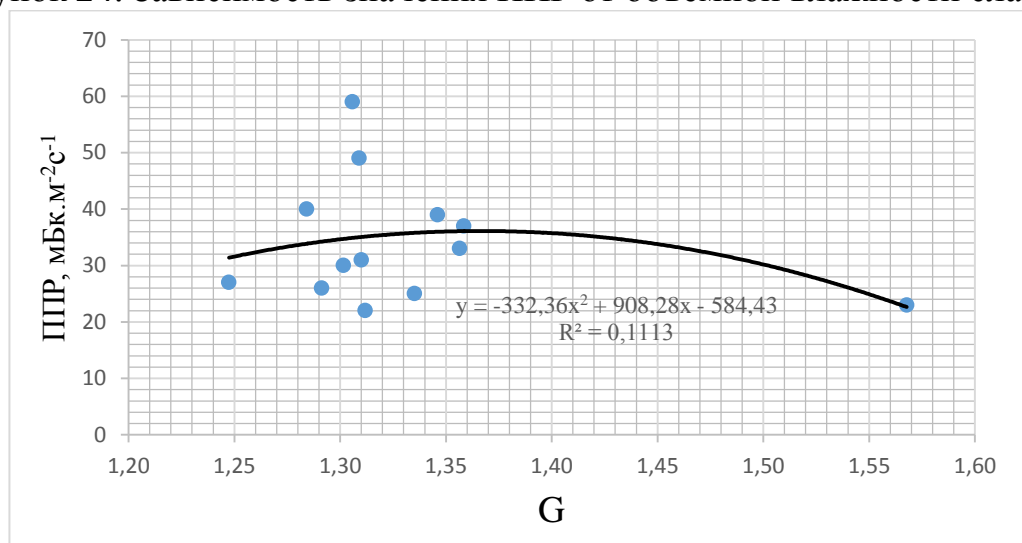


Рисунок 25. Зависимость значения ППР от коэффициента относительной влажности сланцев (G).

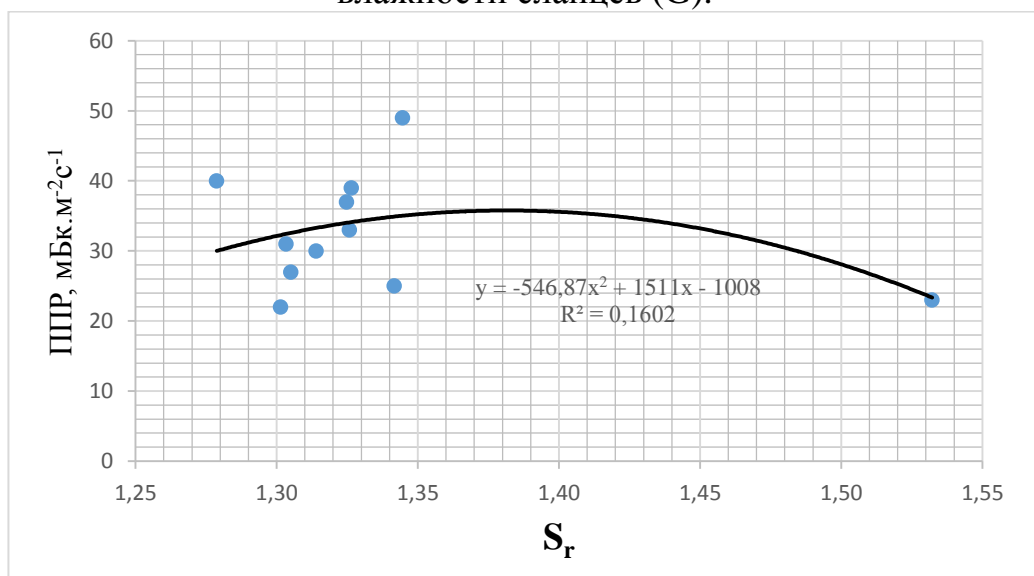


Рисунок 26. Зависимость значения ППР от коэффициента водонасыщения сланцев (S_r).

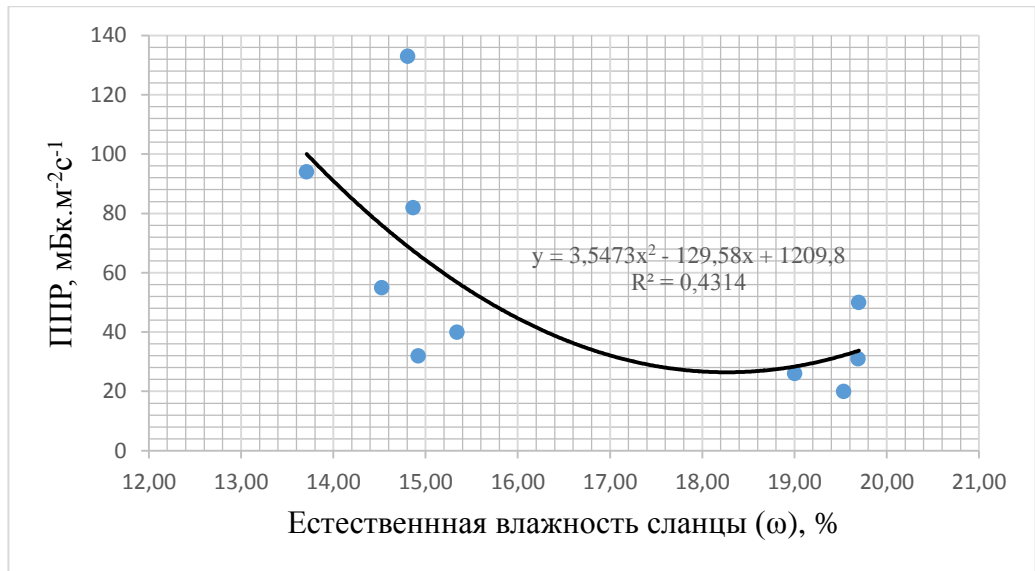


Рисунок 27. Зависимость значения ППР от естественной влажности глин.

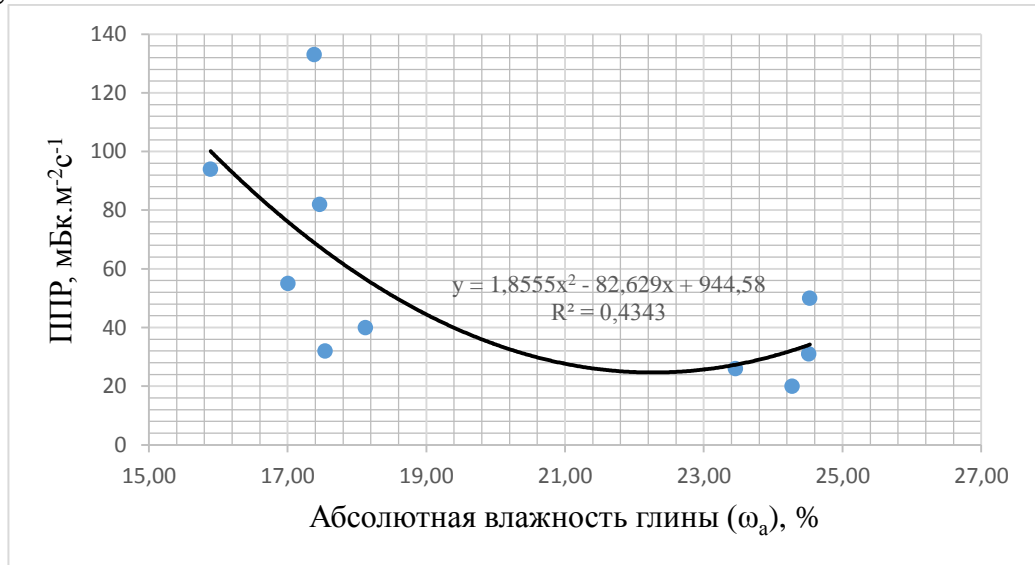


Рисунок 28. Зависимость значения ППР от абсолютная влажности глин.

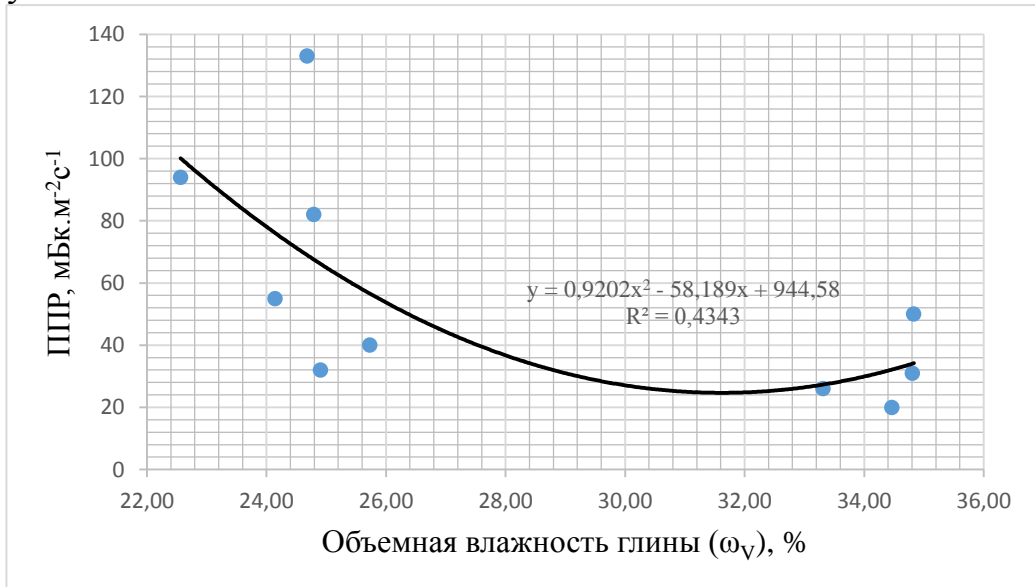


Рисунок 29. Зависимость значения ППР от объемной влажности глин.

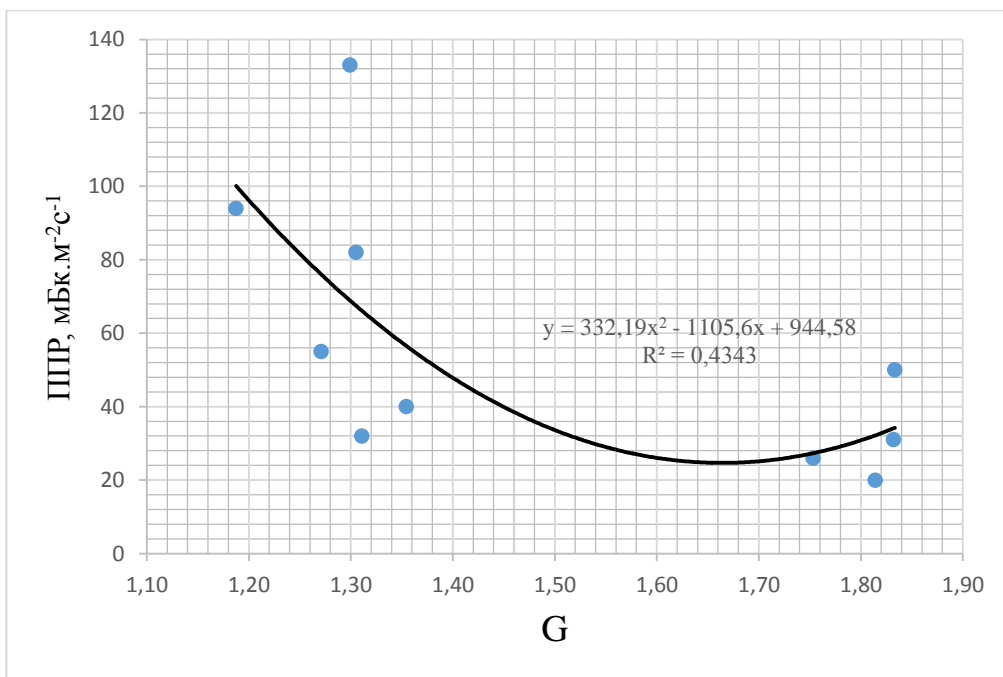


Рисунок 30. Зависимость значения ППР от коэффициента относительной влажности глин (G).

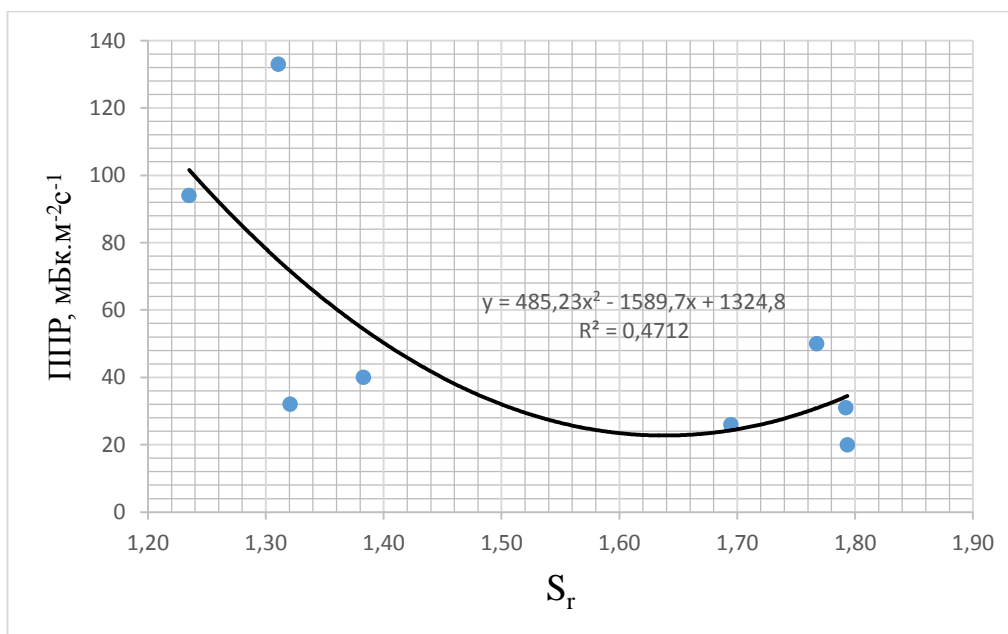


Рисунок 31. Зависимость значения ППР от коэффициента водонасыщения глин (S_r).

Заключение

В ходе выполнения дипломной работы было проделано следующее:

- изучены характеристики влажности грунтов;
- изучена литература о влиянии влажности грунтов на результаты измерения ППР в журналах РФ и в зарубежных изданиях;
- изучены методики и приборы, используемые для измерения влажности грунта и плотности потока радона;
- отобрано 33 пробы грунта и определены его физические характеристики;
- проведено 44 измерения ППР;
- проведен анализ полученных результатов; сделаны выводы.

На основе проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- По результатам исследований, проведенных в РФ и зарубежом, сделаны противоречивые выводы о характере влияния влажности почвы на значения ППР. В зарубежных работах сделан вывод о существовании максимума в зависимости ППР от влажности. В работах выполненных в РФ, сделан вывод об обратной зависимости ППР от влажности. В известных работах не исследовано влияние физических свойств грунтов на ППР.
- На характер зависимости ППР от влажности грунтов сильное влияние оказывает их пористость.
- Для почвы (пористость 0,51) и сланцев (пористость 0,37) получена характеризующаяся наличием максимума зависимость ППР от естественной, абсолютной, объемной, относительной влажности и коэффициента водонасыщения.
- Зависимость ППР от характеристик влажности для глины (пористость 0,19) характеризуется наличием минимума.

5. Социальная ответственность

Каждое производство несет ответственность за сохранения жизни и здоровья сотрудников. Нормативно-правовой базой, обеспечивающей безопасность в процессе работы, является система охраны труда. Это взаимосвязанная совокупность законодательных актов, регламентирующих социально-экономические, организационные, технические, гигиенические и лечебно-профилактические аспекты трудовой деятельности. К этой же системе можно отнести мероприятия и средства, обеспечивающие безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека во время труда. Согласно аксиоме о потенциальной опасности, ни один вид человеческой деятельности не может быть абсолютно безопасным, и в этих условиях главная задача охраны труда как системы – минимизировать вероятность поражения или заболевания рабочего в процессе труда. На практике условия на производстве характеризуются наличием некоторых опасных и вредных производственных факторов. Опасным фактором на производстве согласно стандартам безопасности труда [9] называется такое воздействие на организм сотрудника, которое при определенных обстоятельствах приводит к травме, резкому ухудшению здоровья. Вредным же фактором называется такое воздействие, которое может привести к заболеванию или снижению трудоспособности.

5.1 Опасные и вредные факторы работы

Опасные и вредные факторы можно классифицировать по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические.

Дипломная работа была выполнена на отделение ОЯТЦ ИЯТШ ТПУ. Работа выполнялась с использованием современной вычислительной техники, что позволило достичь высокой эффективности процесса и уменьшения временных затрат на его проведение.

За компьютером инженер подвержен следующим факторам:

- физическим: температура и влажность воздуха; шум; статическое электричество; низкочастотное электромагнитное поле; освещённость; наличие слабого ионизирующего излучения;
- психофизиологические опасные и вредные производственные факторы: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Ниже в таблице 13 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 13 – 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 приборы «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.
Оределение влажности грунтов с помощью «муфельной печи»	-	Вероятность возникновения пожара, Электрический ток	1. Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность 2.ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.Электробезопасность
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»

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

5.2.1 Организационные мероприятия

Все сотрудники обязаны знать и соблюдать существующие на производстве правила техники безопасности. Ответственность доведения до персонала этих правил лежит на сотруднике, отвечающем за вводный инструктаж на рабочем месте.

После обучения на рабочем месте квалификационной комиссией осуществляться проверка знания правил техники безопасности. По успешному прохождению проверки сотруднику присваивается квалификационная группа по технике безопасности и затем выдается соответствующее удостоверение.

Сотрудники, занимающиеся обслуживанием электроустановок не должны иметь физических ограничений (увечья, болезни), которые бы могли помешать работе. Выявление оных является главной задачей медицинского освидетельствования.

5.2.2 Технические мероприятия

Рациональное планирование рабочего места предполагает строгий порядок в размещении предметов, необходимых для работы. Средства труда, документы должны располагаться на рабочем столе согласно частоте их использования – предметы, требующиеся для выполнения работы чаще остальных, лежат ближе. Зоны легкой досягаемости рук в горизонтальной плоскости изображены на рисунке 20, где: I – зона основных движений, II – зона вспомогательных движений, III – зона вне пределов досягаемости, но в пределах видимости приборов.

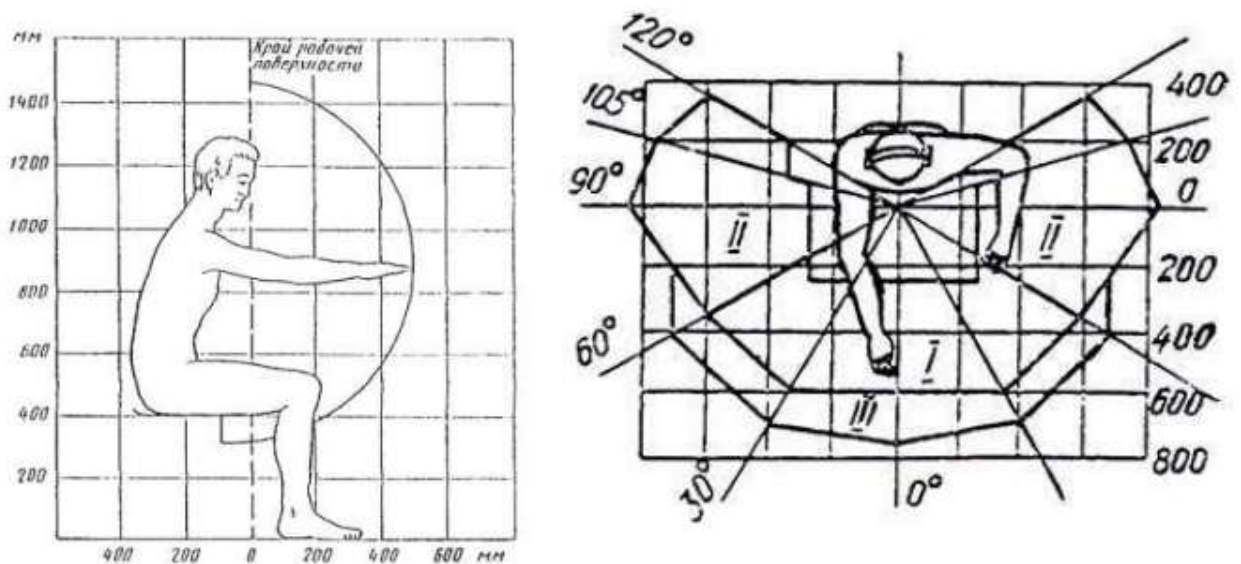


Рисунок 22 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

При проектировании обычного письменного стола следует учесть следующие требования:

- высоту рабочей поверхности рабочего стола рекомендуется закладывать в пределах 680 – 800 мм;
- рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм;
- пространство под столом для ног должно быть по высоте 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 рис. 21.

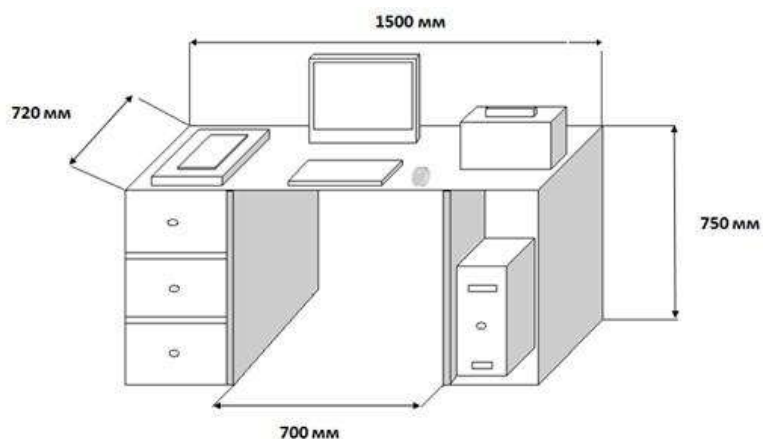


Рисунок 23 – Схема организации рабочего места

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 заглублённым передним краем.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° 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.

5.2.3 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.

Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата и приведены в таблицах 14 и 15.

Таблица 14 – 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 15 – Допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже допустимого	Диапазон выше допустимого		Для диапазона ниже допустим	Для диапазона выше допустим
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 [10].

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 м³ в него должно подаваться, не менее 30 м³/ч наружного

воздуха на одного человека. В случае объема помещения более 40 м^3 на одного человека допускается естественная циркуляция, но с учетом отсутствия выделения вредных веществ.

В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основным недостатком 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.

В работе [10] приведены следующие 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 [10] 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 мкбэр/час. По нормам [10] 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 [11] освещенность рабочих поверхностей должна быть не менее 200 лк.

5.3 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”.

В ходе работы проводили калибровку приборы «Альфарад плюс» с использованием закрытого радиоактивного источника. Под влиянием ИИ в организме может происходить торможение функции кроветворных органов, нарушение нормальной свертываемости крови и увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение сопротивляемости организма инфекционным заболеваниям и др.

Для этого существуют допустимые уровни доз, которые может получить человек. Уровни разделяются в соответствии с категорией по нормам радиационной безопасности.

В соответствии с НРБ-99/2009 [15] устанавливаются следующие категории облучаемых лиц: персонал (группа А) – лица, работающие с техногенными источниками, ионизирующими излучением, или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б). Население – все лица, включая персонал вне работы с источниками ионизирующего излучения. Пределы допустимых доз для персонала группы А, Б и населения приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Пределы допустимых доз

Нормируемая величина	Пределы доз		
	Персонал гр. А	Персонал гр.Б	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5лет, но не более 50 мЗв в год.	Основные пределы доз для персонала этой группы равны ¼ значений для персонала группы А	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5лет, но не более 5 мЗв в год.
Эквивалентная доза в год:			
- в хрусталике глаза	150 мЗв		15 мЗв
- в коже	500 мЗв		50 мЗв
- в кистях и стопах	500 мЗв		50 мЗв

Значения проектной мощности эквивалентной дозы для стандартной продолжительности пребывания в помещениях и на территориях персонала и населения приведены в таблице 17.

Таблица 17 – 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
Население		Любое другое помещение и территория	8800	0,06

По проведенным измерениям плотности потока радона можно сделать вывод, что на территории, где проводились измерения не наблюдалось превышение мощности эквивалентной дозы для населения, а значит данные измерения проводились в условиях радиационной обстановки безопасной для человека. Согласно этой классификации, студентов можно причислить к группе Б. В ходе выполнения ВКР нормы предельной дозы и мощности эквивалентной дозы не были превышены.

5.4 Электробезопасность

Электробезопасность – система мер и средств, которые обеспечивают защиту персонала и населения от вредного и опасного воздействия электрического тока в различных его проявлениях. Влияние электричества на организм человека носит разносторонний характер, поэтому последствия столкновения человека с этим явлением рознятся от самых незначительных до летальных.

Влияние электрического тока на организм человека носит разносторонний характер, и может привести как к легкому, так и к тяжелому исходу.

Проходя через организм человека, электрический ток оказывает термическое и биологическое действия:

- нагрев тканей вплоть до ожогов;
- разложение крови и плазмы – нарушение физико - химического состава;
- возбуждение тканей организма (судороги).

Действие тока может привести к электрической травме.

Таким образом, действие тока на организм человека может быть местным и общим. Общее (рефлекторное) поражение – электрический удар, представляет для человека наибольшую опасность: нарушается работа центральной нервной и сердечно - сосудистой систем, что приводит к фибрилляции и параличу сердца, а также к остановке дыхания.

Исход поражения организма человека электрическим током зависит от следующих причин: величина силы тока, путь прохождения тока через тело человека, продолжительность действия тока, частота тока и сопротивление человека в момент соприкосновения с токоведущими частями, величина которого зависит от состояния окружающей среды (температура, влажность), состояния кожных покровов и даже настроения человека.

При работе с электроустановками и ПЭВМ существует вероятность поражения электрическим током лишь в следующих случаях:

- при непосредственном соприкосновении к токоведущими частями во время ремонта и технической эксплуатации;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения целостности изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в блоках высокого напряжения;

В нормативных документах установлены безопасные значения величины постоянного и переменного тока – 50 мА и 10 мА соответственно. Безопасная величина напряжения составляет 12 В.

Помещение, в котором проводится работа, относится к группе помещений без повышенной опасности: сухое (влажность воздуха не превышает 75%), не жаркое (температура не превышает 28°C), с токонепроводящими полами, без токопроводящей пыли и химически активной среды. Все провода, подводящие напряжение к электрооборудованию, электроизолированы и находятся в заземленной металлической оплетке. Рубильник распределительного щитка имеет пластмассовый кожух. Также имеются отключающие автоматы. Выполнен контур защитного заземления из стальной полосы сечением 30 мм² по периметру помещения. Все электрические приборы в лаборатории заземлены.

Согласно [12] заземляющее устройство должно иметь в любое время года сопротивление не более 0,4 Ом.

Для предотвращения появления статического электричества и защиты от его влияния в помещении необходимо использовать нейтрализаторы и увлажнители, а полы должны иметь антистатическое покрытие. Конструкция пола в помещении обеспечивает сток и отвод статического электричества. Покрытие пола выполнено из гладких, прочных, обладающих антистатическими свойствами материалов.

5.5 Пожарная и взрывная безопасность

Согласно [13], 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. Помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, так как содержит твердые сгорающие вещества.

Возможные причины загорания:

- работа с открытой электроаппаратурой;

- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих материалов: бумага, дерево, изоляционный материал.

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.

В помещении с электрооборудованием, во избежание поражения электрическим током, целесообразно использовать углекислотные или порошковые огнетушители. Данные огнетушители предназначены для тушения загораний различных веществ и материалов, электроустановок под напряжением до 1000 В, горючих жидкостей. Химические и пенные огнетушители не допустимы.

На объекте огнетушители необходимо располагать таким образом[14], чтобы они были защищены от попадания прямых солнечных лучей, любых тепловых потоков, механических воздействий и других неблагоприятных факторов (вибрация, агрессивная среда, повышенная влажность и т. д.). Они должны быть легко заметны в случае пожара, и иметь к себе свободный доступ. Предпочтительно размещать огнетушители вблизи мест наиболее вероятного возникновения пожара, вдоль путей прохода, а также около выхода из помещения. Огнетушители не должны препятствовать эвакуации людей во время пожара.

Согласно требованиям пожарной безопасности, на этаже находится 2 огнетушителя ОП-3 – огнетушители переносные порошковые, лестничные пролеты оборудованы гидрантами, имеется кнопка пожарной сигнализации.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

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

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Научно-исследовательские работы (НИР) – это работы научного характера, связанные с научным поиском, проведением исследований с целью получения научных обобщений, изыскания принципов и путей создания (модернизации) продукции.

Исходя из определения, НИР могут включать в себя следующие виды работ:

1. **Фундаментальные исследования** – изыскания, выполняемые с целью расширения картины мира, пополнения научных знаний о явлениях и закономерностях эволюции. Фундаментальная наука ориентируется не на конкретное практическое применение полученных результатов, однако она может стимулировать развитие прикладной науки.
2. **Поисковые решения**, выполняемые с целью нахождения путей использования выявленных явлений и закономерностей в конкретной области науки и техники для создания принципиально новых изделий, материалов и технологий.

Прикладные исследования, прежде всего, направлены на применение имеющихся научных знаний для решения конкретных задач, связанных с методами проведения научных экспериментов, методами и средствами измерений, опытно-конструкторскими разработками при создании научно-технической продукции.

6.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результатом исследования являются полученные данные о зависимости между влажностью почвы и ППР, целью которого является обеспечение радиационной безопасности населения.

Сегментировать рынок услуг можно по следующим критериям: мониторинг, научно-исследовательская работа.

Таблица 18 - Карта сегментирования рынка услуг

		Организации	
		Роспотребнадзор	Департамент природных ресурсов
Область применения	Мониторинг		
	Научно-исследовательская работа		

Из карты сегментирования услуг видно, что целевым рынком данного исследования будут природоохранные предприятия.

6.1.1 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.

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 являются финансово затратным, а также они сложны в эксплуатации, что затрудняется затруднительной настройкой аппарата и неудобным интерфейсом.

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 оборудования 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 19 – Оценочная карта конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Время 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:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (8)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;
 B_i – вес показателя (в долях единицы);
 B_i – балл i -го показателя.

6.1.2 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 научно исследовательского 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 проекта представлен в таблице 20.

Таблица 20 — SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Новая тема. С2.Экологичность технологии. С3.Простота обработки результатов.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1.Необходимо много образцов для более точного результата. Сл2.Большие погрешности измерений Сл3.Сложность пробоподготовки образцов.</p>
<p>Возможности: В1. Использование результатов для оценки радоноопасности почв В2.Появление дополнительного спроса на результат исследования. В3. Сотрудничество с рядом новых организаций.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: 1. Новая тема даст нам возможность увеличить спрос на результат исследования. 2. Надежность и безопасность метода даст на возможность установить сотрудничество с рядом новых организаций</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: 1. Сложность пробоподготовки образцов вызовет отсутствие большого числа образцов на проведение исследований. 2. Большие погрешности измерений ставят под сомнение достоверности получаемых результатов, а, следовательно, и уменьшения возможности сотрудничества с новыми организациями.</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие финансирования со стороны, как университета, так и государства. У2. Уменьшение интереса к данной теме У3. Увеличение конкурентов</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: 1. Экологичность нашей технологии дает нам преимущество перед нашими конкурентами 2. Новая тема вызывает интереса к ей</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»: 1. Большие погрешность измерения проводят к стагнации исследований, из-за этого, отсутствуют финансирования.</p>

Из SWOT-анализа видно, что для реализации данной работы необходимо получить дополнительное инвестирование.

6.2 Планирование научно-исследовательской работы

Научно-исследовательские работы (НИР) (ГОСТ 15.101-98) и опытно-конструкторские разработки (ГОСТ Р 15.201-2000) разбиваются на этапы согласно соответствующим нормативам. В зависимости от характера и

сложности НИОКР ГОСТ допускает разделение самих этапов на несколько последовательных видов работ.

Для выполнения научных исследований обычно формируется рабочая группа, в состав которой обычно входят научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты. Численность групп может варьироваться до 15 человек. В рамках данного исследования была создана рабочая группа, в состав которой вошли: научный руководитель и студент.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ по выполнению НИР, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок этапов и работ при выполнении ВКР приведен в таблице 21.

Таблица 21 – 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

6.2.1 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 формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (9)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (10)$$

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.

6.2.2 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (11)$$

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 формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (12)$$

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:

$$k = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22. \quad (13)$$

Расчетные данные сведены в таблице 22, на основании которой был построен календарный план-график.

Таблица 22 – Временные показатели проведения научного исследования

i	Исполнитель	$t_{min i}$	$t_{max i}$	$t_{ож i}$	$Ч_i$	$T_{p i}$, 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

6.2.3 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 23.

Таблица 23 – Календарный план-график проведения НИР по теме

№	Исп.	T _{кi} , 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.

6.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на амортизационные отчисления;
- накладные расходы.

6.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты на электроэнергию. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 15.

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:

$$C = C_{\text{эл}} \cdot P \cdot F_{\text{об}} = 5,8 \cdot 0,1 \cdot 360 = 210, \quad (14)$$

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 24 — Затраты на сырье и материалы

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

6.3.2 Расчёт амортизации оборудования для экспериментальных работ

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

В данной исследовательской работе к спецоборудованию, необходимому для проведения экспериментальных работ, относится радиометр радона «Альфарад Плюс», стоимость которых приведена в таблице 25.

Таблица 25 – 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:

$$C_{\text{аморт}} = C_{\text{об}} / T, \quad (15)$$

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

T – срок службы, дни.

Таким образом затраты на амортизацию оборудования «Альфарад Плюс»:

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

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

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

6.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (16)$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, студента) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (17)$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (18)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: • при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5 -дневная неделя; • при отпуске в 48 раб.дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 26).

Таблица 26 – 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:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot 1,3. \quad (19)$$

Данные и результаты расчета основной заработной платы приведены в таблице 27. Например для руководителя расчет основной заработной платы, зная, что его оклад 23264руб/месяц, проводится следующим образом:

- находим месячный должностной оклад:

$$З_{\text{м}} = 26300 \cdot 1,3 = 34190 \text{ руб./месяц};$$

- рассчитываем среднедневную заработную плату:

$$З_{\text{дн}} = \frac{34190 \cdot 10,4}{251} = 1417 \text{ руб./день};$$

- рассчитываем основную заработную плату:

$$З_{\text{осн}} = 1417 \cdot 15 = 21255 \text{ руб.}$$

Подобный расчет проводится для вычисления основной заработной платы студента.

Таблица 27 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб.	k_p	$З_{\text{м}}$, руб./месяц	$З_{\text{дн}}$, руб./день	T_p , раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	26300	1,3	34190	1417	15	21255
Студент	9893	1,3	12861	533	45	23985
Итого $З_{\text{осн}}$						45240

6.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (20)$$

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

Дополнительная заработная плата для руководителя вычисляется следующим образом:

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

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 28.

Таблица 28 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{доп}}$
Руководитель	0,12	26300	3156
Студент	0,12	9893	1187
Итого			4343

6.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (21)$$

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

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1

ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

$$k_{\text{внеб}} = k_{\text{пф}} + k_{\text{с}} + k_{\text{пн}}, \quad (22)$$

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

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

$$k_{\text{внеб}} = 0,271.$$

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

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

Таблица 29 – 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
Итого	13437	

6.3.6 Накладные расходы

В данную статью входят расходы на содержание аппарата управления и общехозяйственных служб. По этой статье учитываются оплата труда административно-управленческого персонала, содержание зданий, оргтехники и хозинвентаря, 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 выполнение темы. Величина коэффициента накладных расходов взята в размере 16%:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (23)$$

где $k_{\text{накл}}$ — коэффициент накладных расходов.

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

6.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 30.

Таблица 30 – Расчет бюджета затрат НТИ

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
Бюджет затрат НТИ	76761

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

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (24)$$

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

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

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

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

Так как разработка имеет одно исполнение, то:

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{76761}{76761} = 1.$$

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

$$I_{ri} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (25)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 31).

Таблица 31 – Оценка характеристик исполнения проекта

Объект исследования Критерии	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 ($I_{иснi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исн.1} = \frac{I_{p-исн1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исн.2} = \frac{I_{p-исн2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.} \quad (26)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл. 32) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исн.1}}{I_{исн.2}}. \quad (27)$$

Таблица 32 – 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.

Список литературы

1. Маренный А.М., Микляев П.С., Пенезев А.В., Цапалов А.А. Комплексные мониторинговые исследования формирования радоновых полей грунтовых массивов. Часть 3. Результаты мониторинга плотности потока радона с поверхности грунта. АНРИ №2(81), 2015. С.27-41.
2. Munazza Faheem, Matiullah. Radon exhalation and its dependence on moisture content from samples of soil and building materials. Radiation Measurements 43 (2008). С.1458–1462.
3. H.Kojima and K.Nagano. The influence of meteorological and soil parameters on radon exhalation. Radon in the Living Environment, 071 April 1999, Athens, Greece. С. 19-23.
4. Cameron E. Lawrence, Riaz A. Akber, Andreas Bollho, Paul Martin. Radon-222 exhalation from open ground on and around a uranium mine in the wet-dry tropics. Journal of Environmental Radioactivity 100 (2009). С. 1–8.
5. Masahiro HOSODA , Michikuni SHIMO , Masato SUGINO , Masahide FURUKAWA & Masahiro FUKUSHI (2007). Effect of Soil Moisture Content on Radon and Thoron Exhalation. Journal of Nuclear Science and Technology, 44:4, 664-672.
6. В.В. Крамаренко. Грунтоведение. Учебник для академического бакалавриата. Москва 2016. С.133-160.
7. Е.М. Сергеева. Грунтоведение. Издание пятое, переработанное и дополненное. Издательство московского университета (1983). С.59-61.
8. Н. К. Рыжакова, Г. А. Раменская. Методы и результаты определения коэффициентов эманирования глинистых грунтов города Томска. Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2012, № 2, с. 168–176.
9. Чан Ньян Хау. Изучение влияния количества осадков на результаты измерения плотности потока радона. Выпускная работа, 2018. 81с.
10. ГОСТ 12.0.002-80. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.

11. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ Опасные и вредные факторы. Классификация. – М.: ИПК: Изд-во стандартов, 1997 г.
12. Строительные нормы и правила СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78)
13. ГОСТ 12.1.030-81, Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
14. НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. 31 окт. 1995 г.
15. ГОСТ 12.4.009-83, Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.
16. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.–Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. –100с.