

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии
Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование влияния турбулентности на характеристики радонового поля

УДК 551.5107.532.517.4.539.1.074

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5А	Клименко Ольга Ивановна		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Подопригора И.В.	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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
 _____ 23.04.2019 Бычков П.Н.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
0А5А	Клименко Ольге Ивановне

Тема работы:

Исследование влияния турбулентности на характеристики радонового поля
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1) Данные мониторинга объёмной активности радона, 2) Результаты предыдущих исследований в ТПУ. 3) Данные мониторинга метеорологических величин
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Проведение обзора литературы по теме исследования. 2. Получение результатов радиационного мониторинга. 3. Моделирование пространственной (в вертикальном направлении) и временной динамики объёмной активности радона при различных высотах

	4. Анализ полученных результатов. 5. Финансовый менеджмент. 6. Социальная ответственность. 7. Выводы и заключение.
--	---

Перечень графического материала

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Подопригора И.В.
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.

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

1. Введение
2. Обзор литературы
3. Расчетная часть
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
5. Социальная ответственность

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.04.2019
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ	В.С. Яковлева	д.т.н		23.04.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5А	Клименко Ольга Ивановна		23.04.2019

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 0А5А	ФИО Клименко Ольга Ивановна
----------------	--------------------------------

Школа	ИЯШТ	Отделение школы (НОЦ)	ЯТЦ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Ядерные реакторы и энергетические установки

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 (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, ионизирующие излучения); – опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы);
<i>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	<ul style="list-style-type: none"> – требования охраны труда при работе на ПЭВМ; – электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность;

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 (коллективные и индивидуальные).
<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 ОЯТЦ ИЯТШ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5А	Клименко Ольга Ивановна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А5А	Клименко Ольга Ивановна

Школа	ИЯТШ	Отделение	ОЯЦ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Радиационная безопасность человека и 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>	– Материальные затраты – 1316,25; – Затраты на специальное оборудование – 1561,6; – Заработная плата – 29912,7; – Отчисления во внебюджетные фонды – 8196,6; – Бюджет затрат НИ – 40987,2
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Тариф на электроэнергию 2,45 р. за 1 кВт*ч
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	– Отчисления во внебюджетные фонды (28%)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИ</i>	Анализ альтернативных способов проведения НИ
2. <i>Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	– Иерархическая структура работ; – SWOT – анализ; – определение трудоемкости выполнения работ.
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Бюджет научно – технического исследования: – расчет материальных затрат; – расчет затрат на специальное оборудование; – расчет основной и дополнительной заработной платы исполнителей темы; – отчисления на социальные нужды; – накладные расходы; – формирование бюджета затрат

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Сегментирование рынка;*
2. *Оценка конкурентноспособности технических решений;*
3. *Матрица SWOT*
4. *График проведения и бюджет НИ;*
5. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Подопригора И.В.	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5А	Клименко Ольга Ивановна		

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
Уровень образования Бакалавриат
Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла
Период выполнения весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.04.2019	<i>Составление и утверждение технического задания</i>	
26.04.2019	<i>Обзор литературы по теме исследования</i>	
3.05.2019	<i>Получение данных мониторинга</i>	
10.05.2019	<i>Проведение моделирования</i>	
05.06.2019	<i>Анализ и описание результатов</i>	
18.06.2019	<i>Подготовка к защите ВКР</i>	

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (компетенции)
P1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
P2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
P3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
P4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
P5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
P6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

P8	<p>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).</p>
P9	<p>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.</p>
P10	<p>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.</p>
P11	<p>Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.</p>
P12	<p>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</p>

	стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 79 страниц, 47 рисунков, 17 таблиц, 17 источников. Ключевые слова: радон, торон, объемная активность, атмосфера, турбулентность.

Объектом исследования являются объемная активность радона в приземной атмосфере.

Цель работы – исследовать влияния турбулентности на характеристики радонового поля. В ходе исследования было произведено моделирование пространственной (в вертикальном направлении) и временной динамики объемной активности радона, формируемой в приземной атмосфере на различных высотах.

Произведен анализ зависимости объемной активности радона от турбулентности атмосферы. Для этого были промоделированы распределения по высоте объемной активности радона на различной высоте.

Область применения: радиоэкология, радиобиология, геофизика.

Значимость работы: результаты исследований будут полезны в области геофизики и радиоэкологии для совершенствования моделей движения воздушных масс.

Обозначения и сокращения

ДПР – Дочерние продукты распада

ОА – Объемная активность

ЭРОА – Эквивалентная равновесная объемная активность

ИИ – Ионизирующие излучение

ПП – плотность потока

ИМКЭС – Институт мониторинга климатических и экологических систем

Сибирского отделения Российской академии наук

Оглавление

РЕФЕРАТ	10
Введение.....	15
Глава 1. Обзор литературы.....	17
1.1 Перенос радона в системе «грунт-атмосфера».....	17
1.2 Суточные вариации радона.....	19
1.3 Сезонные особенности радона.....	22
1.4 Годовые изменения.....	25
1.5 Влияющие факторы.....	26
1.6 Исследование влияния турбулентной диффузии на объемную активность радона и торона в различных странах	30
1.7 Заключение по главе 1	32
Глава 2 Методы измерения характеристик радонового поля.....	34
2.1 Радиометр RTM 2200.....	34
2.2 Альфарад ПЛЮС – Радиометр радона	35
2.3 Радиометра радона RAD7	37
2.4 PPA-01M-03 – Радиометр радона.....	37
2.5 Радиометр радона PPA-01M-03	38
2.6 PPA-06П – Радиометр радона и торона	39
Глава 3 Описание эксперимента, результаты и их анализ.....	40
3.1 Условия эксперимента.....	40
3.2 Результаты эксперимента.....	40
3.3 Заключение по главе 3	42
Глава 4. Моделирование вертикального распределений объемной активности радона в приземной атмосфере.....	43

4.1	Описание традиционной модели.....	43
4.1.1	Моделирование при постоянном коэффициенте турбулентной диффузии	44
4.1.2	Моделирование при линейном коэффициенте турбулентной диффузии	47
4.1.3	Моделирование при экспоненциальном коэффициенте турбулентной диффузии.....	50
4.1.4	Моделирование при степенном коэффициенте турбулентной диффузии	52
4.1.5	Моделирование при синусоидальном коэффициенте турбулентной диффузии	55
4.2	Описание модифицированной модели	59
4.2.1	Моделирование при положительных значениях скорости ветра	60
4.2.2	Моделирование при отрицательных значениях скорости ветра.....	63
4.3	Заключение по главе 4.....	66
Глава 5.	Социальная ответственность.....	67
5.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	68
5.2	Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ... ..	69
5.2.1	Организационные мероприятия	69
5.2.2	Технические мероприятия	69
5.2.3	Условия безопасной работы	72
5.2.4	Электробезопасность.....	74
5.2.5	Пожарная и взрывная безопасность.....	76
Глава 6	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	79

6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	79
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	79
6.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	80
6.1.3 SWOT-анализ	82
6.2 Планирование научно-исследовательской работы.....	85
6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	85
6.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	87
6.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	88
6.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	92
6.2.5 Расчет материальных затрат	92
6.2.6 Расчёт затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ)	93
6.2.7 Основная заработная плата исполнителей темы	94
6.2.8 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	95
6.2.9 Отчисления во внебюджетные фонды.....	96
6.2.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	97
6.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	98
Заключение	101
Список литературы	103

Введение

Исторически сложилось так, что стабильность атмосферы обычно оценивалась с помощью обычных или специализированных приповерхностных метеорологических наблюдений. К таким методам относятся: модель Паскуилла-Гиффорда, теория Мони́на-Обухова и др. Такие методы различаются с точки зрения их сложности, необходимого технического обслуживания приборов, точности и стоимости. Менее традиционный, но сравнительно экономичный метод классификации устойчивости атмосферы, который в последнее время стал популярен, основан на приземных измерениях концентрации радона в атмосфере.

Радон (Rn^{222}) – радиоактивный газ, являющейся членом цепочки распада урана (U^{238}). Он образуется из распада радия (Ra^{226}), который повсеместно распространен по всей земной коре. Будучи инертным газом, радон не вступает в химическую реакцию с другими компонентами атмосферы, а его низкая растворимость делает маловероятным его вымывание дождевыми осадками, поэтому его основной атмосферный сток – радиоактивный распад. После выброса в атмосферу на радон оказывают непосредственное влияние метеорологические процессы, регулирующие турбулентное перемешивание, а именно вертикальные и горизонтальные компоненты рассеяния. Период его полураспада, удобно расположенный между временными рамками суточных и синоптических событий, идеально подходит для характеристики широкого спектра метеорологических явлений. В совокупности эти характеристики делают радон уникальным и мощным индикатором стабильности атмосферы[1].

Мониторинг радона является важным для решения прикладных задач в различных областях радиоэкологии, геодинамики и других науках. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что необходимо развитие моделей переноса в различных средах и системах. Отсюда и вытекает актуальность данной работы.

В связи с актуальность работы были определены цели и задачи.

Цель работы: Исследовать влияния турбулентности на характеристики радонового поля

Задачи:

1. анализ литературы по теме исследования;
2. методы измерения характеристик радонового поля;
3. моделирование вертикального распределений OA , Rn , Th в приземной атмосфере;
4. сопоставление расчётных и экспериментальных данных, полученных с помощью челночного осадкомера;
5. анализ результатов и выводы.

Глава 1. Обзор литературы

1.1 Перенос радона в системе «грунт-атмосфера»

По классическому представлению в теории эманационного метода, можно выделить четыре этапа переноса Rn в системе «грунт – атмосфера» [2]:

– первый этап: Rn выделяется (эманурует) из кристаллической решетки минералов в мелкие поры грунта (доля высвобождающегося Rn характеризуется коэффициентом эманирования);

– второй этап: молекулярное диффузионное распространение Rn в мелких порах грунта, процесс идет до тех пор, пока радионуклид не попадет в более крупные грунтовые поры;

– третий этап: по крупным порам и трещинам в грунте происходит диффузионно-конвективный перенос Rn , затем происходит его сток в атмосферу;

– четвертый этап: в приземном слое атмосферы роль молекулярной диффузии падает, но возрастает роль турбулентной диффузии, которая обусловлена градиентом температуры приземной атмосферы, а также скоростью и направлением ветра.

На рисунке 1 схематически изображены этапы процесса миграции в системе «грунт-атмосфера» в зоне аэрации (верхняя часть земной коры, расположенная выше уровня грунтовых вод[3]), где также отражено, что перенос Rn в системе «грунт – атмосфера» в зоне аэрации осуществляется с помощью двух основных процессов – молекулярной диффузии и адвекции.

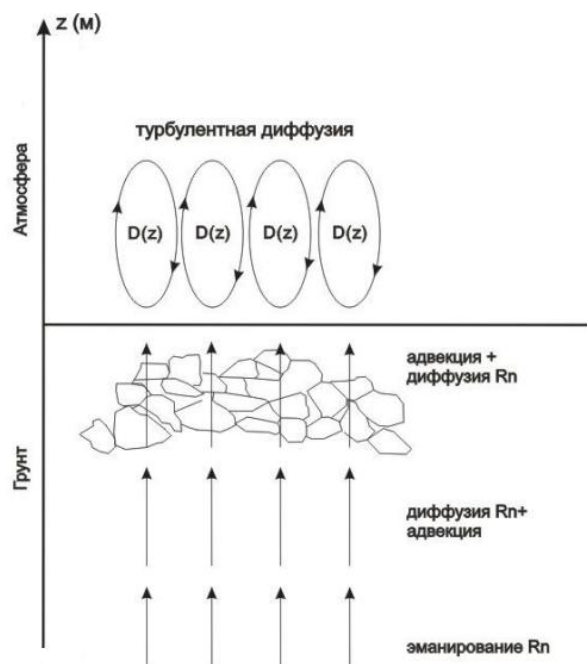


Рисунок 1 – Обобщённая схема переноса радона в системе «грунт-атмосфера» с помощью механизмов диффузии, адвекции и турбулентной диффузии

Первый процесс распространение в поровом пространстве грунта молекул газа, уравнивает концентрацию R_n во всех частях объёма породы. Второй процесс характеризуется вертикальным перемещением молекул газа по порам в результате теплообмена (конвекции), вариаций давления (фильтрации), а также всплытия микропузырей в зоне полного влагонасыщения. Отсюда видно, что на процесс миграции R_n в рыхлых отложениях сильно влияет проницаемость грунта, зависящая от его свойств и строения, наличия водоносных горизонтов и изменений напряженно-деформированного состояния геосреды [4].

Атмосфера практически всегда находится в турбулентном состоянии, что связано с возникающими контрастами в поле ветра и в поле температуры. В общем случае турбулентностью атмосферы называют беспорядочные вихревые движения небольших масс воздуха (скоплений молекул), непрерывно изменяющихся по своему составу, которые обуславливают

перемешивание горизонтальных слоев воздуха и способствует увеличению однородности атмосферы.

При классификации турбулентности обычно принимают во внимание не причины ее возникновения, а особенности развития, и выделяют механическую (орографическую), термическую (конвективную) и динамическую турбулентность. Механическая турбулентность является функцией скорости ветра у поверхности Земли и шероховатости земной поверхности. Термическая турбулентность образуется за счет неравномерного нагрева земной поверхности или при адвекции холодного воздуха на теплую подстилающую поверхность. Динамическая турбулентность возникает в атмосфере в слоях, где наблюдаются большие вертикальные и горизонтальные градиенты ветра и температуры, в результате которых образуются гравитационные и гравитационно-сдвиговые волны, которые при определенных условиях могут разрушаться и переходить в турбулентные вихри более мелкого масштаба. В приземном слое турбулентность атмосферы резко ослабляется с приближением к земной поверхности, уменьшаются размеры вихрей и переносимых ими масс воздуха [5].

1.2 Суточные вариации радона

В работе [6] в Национальной лаборатории атмосферных исследований, расположенной в сельской местности в Гаданки, на юге Индии, впервые проводился анализ однолетних измерений радона (^{222}Rn) на месте и его потомков, а также температуры поверхностного воздуха, относительной влажности и давления вблизи поверхности земли. Было замечено, что в течение 24 часов активность радона и его потомков достигает пика в утренние часы, после чего происходит значительное снижение в дневные часы. Суточные вариации активности радона и его потомства

наряду с температурой 23 февраля 2012 года показаны на рисунках 2 и 3 соответственно.

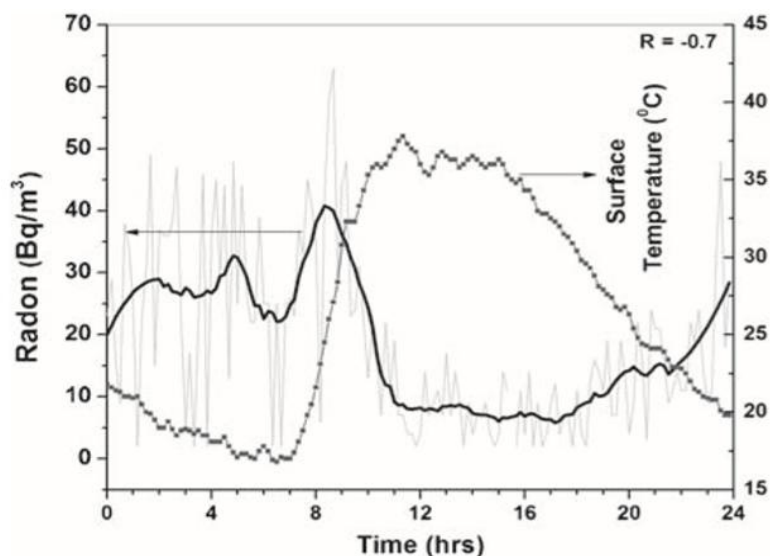


Рисунок 2 – Суточные вариации среднечасовых концентраций радона

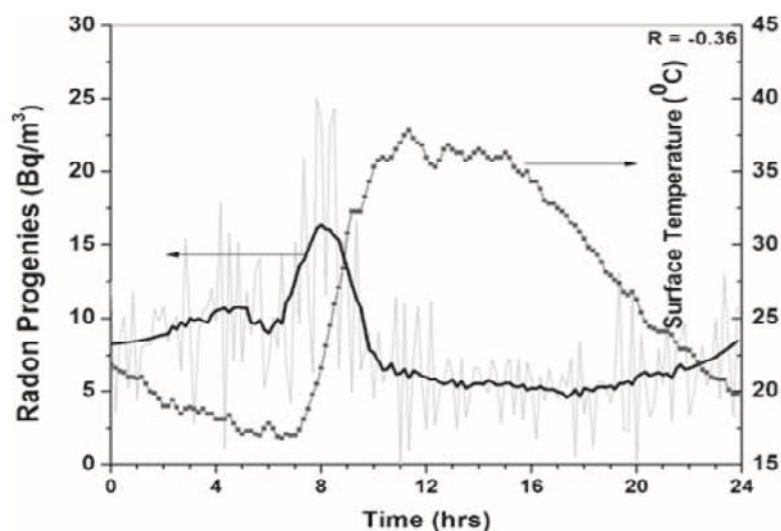


Рисунок 3 – Суточные вариации активности радоновых потомств

Из представленных рисунков можно сделать вывод, что концентрации показывают максимумы в ранние утренние часы, обычно между 06:00 и 08:30 часов и снижаются после восхода солнца, достигая минимумов во второй половине дня, примерно в 14:00-16:00 часов. Концентрация радона варьировала от 2 до 65 Бк/м⁻³, что свидетельствует о значительном суточном изменении почти в 33 раза, тогда как значения радонового потомства варьировались от 2 до 25 Бк/м⁻³. Суточный цикл

радона на месте вызван излучением почвы и атмосферной динамикой (прежде всего мелкомасштабным вертикальным перемешиванием), поэтому, когда атмосфера стабильна (в основном ночью), радон накапливается на поверхности [7].

На станции SMEAR II (Финляндия) [8] Четкие суточные циклы в медианной концентрации радона на основе 10-минутных данных были идентифицированы во все сезоны, за исключением зимы, результаты изображены на рисунке 4

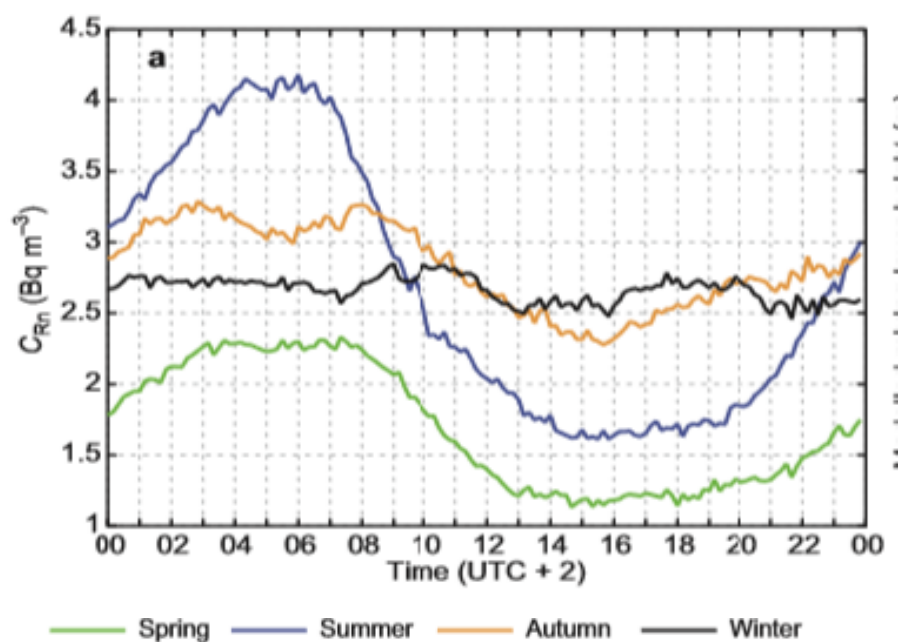


Рисунок 4 – Суточные вариации в разные сезоны в медианных концентрациях радона (C_{Rn}) в разрешении 10 минут в 2000-2006 годах

Наибольшая амплитуда суточной вариации наблюдалась летом (июнь-август) с максимальной медианной концентрацией радона примерно в 06:00 и минимумом около 16:00. Сопоставимые суточные средние атмосферные концентрации ^{222}Rn наблюдались и в другие сезонны.

1.3 Сезонные особенности радона

Суточные изменения концентрации ^{222}Rn в приземной атмосфере над Краковом и Гейдельбергом, усредненные отдельно для каждого часа дня в течение всего периода наблюдения (январь 2005 г. - декабрь 2009 г.) и для каждого сезона (весна, лето, осень, зима), суммированы на рисунках 5 и 6 соответственно [9].

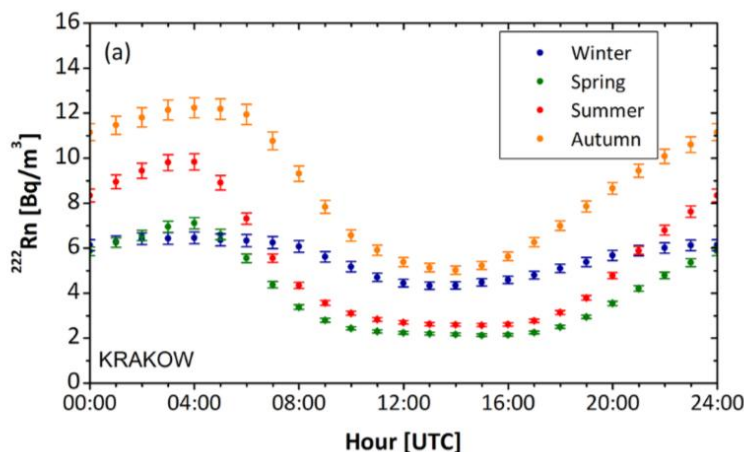


Рисунок 5 – Суточные вариации концентрации ^{222}Rn в приземной атмосфере над Краковом в период с января 2005 года по декабрь 2009 года составляли в среднем по каждому часу и четырем сезонам: зиму (DJF), весну (MAM), лето (JJA) и осень (SON)

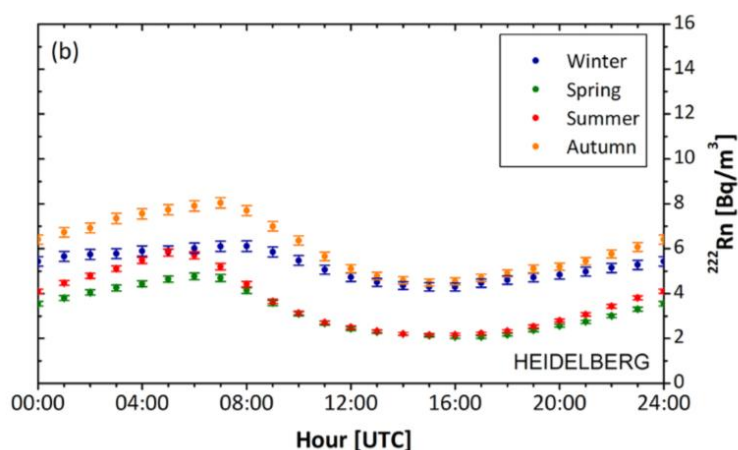


Рисунок 6 – Суточные вариации концентрации ^{222}Rn в приземной атмосфере над Гейдельбергом в период с января 2005 года по декабрь 2009 года составляли в среднем по каждому часу и четырем сезонам: зиму (DJF), весну (MAM), лето (JJA) и осень (SON)

Форма и амплитуда суточного изменения ^{222}Rn -контента существенно различаются по сезону и месту наблюдения. В зимние месяцы (декабрь-февраль) суточные вариации ^{222}Rn удивительно похожи в обоих местах. В весенние и летние месяцы (март-май и июнь-август, соответственно) амплитуда дневных изменений концентрации ^{222}Rn возрастает до максимума. Это увеличение особенно ярко проявляется в Кракове (весенние и летние амплитуды достигают 4,7 и 7,0 Бкм⁻³ соответственно) по сравнению с Гейдельбергом (2,5 и 3,5 Бкм⁻³, соответственно). В то же время на обоих участках наблюдаются более широкие суточные минимумы, отражающие возрастающую роль вертикального смешивания в PBL, обусловленное более длительным воздействием поверхности на солнечный свет. Наиболее выраженные различия между обоими участками наблюдаются в осенние месяцы (сентябрь-ноябрь).

Сильный сезонный цикл проявляется в наблюдаемых концентрациях радона с максимумами в зимние месяцы, когда наблюдаются более широкие атмосферные массы, достигающие станции Кейп-Пойнт со стороны африканской континентальной поверхности, и минимумы в течение летних месяцев, когда океаническая выборка является преобладающим.

Из сезонного сравнения концентрация радона во времени в Госане показывает повторяющуюся сезонную изменчивость. Результаты представлены на рисунке 7 [10].

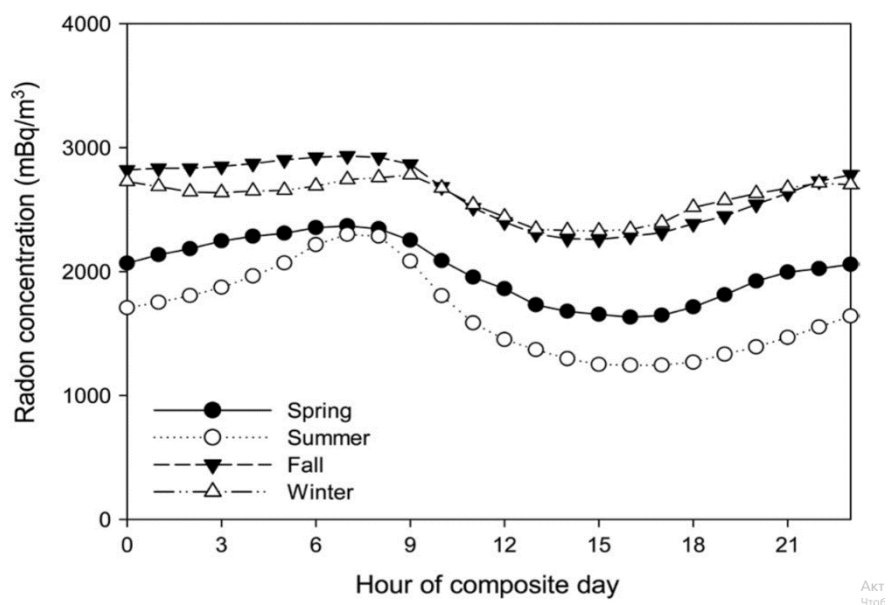


Рисунок 7– Суточный график почасовых концентраций радона по сезонам на станции Госан

Сезонные средние концентрации радона находились в порядке падения (2644 мБкм^{-3}) \approx зимой (2612 мБкм^{-3}) > весной (2022 мБкм^{-3}) > летом (1666 мБкм^{-3}). Сезонный цикл радона характеризовался зимним максимумом и летним минимумом, согласующимся с сокращением земной забора с зимы до лета. Сезонные изменения концентрации радона в Госане, как правило, обусловлены изменчивостью муссонов в направлении ветра. В зимний муссон поток воздуха в нижней атмосфере направляется с севера и запада; обратное происходит летом. В Госане сезонное значение концентрации радона указывает на потенциал воздействия на крупномасштабные наземные источники, тогда как в дневное время концентрации радона реагируют на меняющуюся локальную глубину смешивания. На протяжении зимних муссонов региональный поток воздушной массы обычно находится на северо-западном направлении к северу на острове Чеджу. Хотя на протяжении всего лета муссон, региональный поток часто находится на юго-востоке, а скорость ветра составляет примерно половину их зимних значений. Летом амплитуда дневного цикла радона обычно значительно превышает среднесуточное значение, что указывает на то, что в среднем на

глубинах смешивания в Госане наблюдалось значительное влияние моря. Однако амплитуда суточного цикла радона и глубины смешивания в Госане весной и осенью лежит между зимними и летними экстремальными явлениями.

1.4 Годовые изменения

Почасовые концентрации атмосферного радона измерялись на станции Госан с использованием системы радон-детекторов в режиме реального времени в течение двух лет в течение 2013-2014 годов. Часовые радиальные временные ряды для этого периода исследования представлены на рисунке 8 [10].

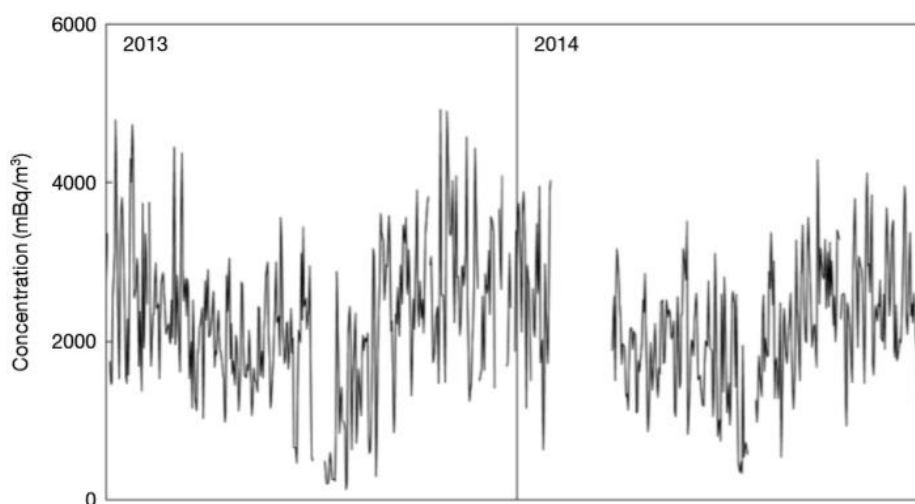


Рисунок 8 – Ежегодная вариация концентраций атмосферного радона по временному ряду, измеренная на станции Госан в 2013-2014 годах.

В этом исследовании среднечасовые и дневные концентрации радона составляли 2216 ± 1100 мБк м⁻³ и 2226 ± 859 мБк м⁻³ соответственно.

Как показано в случае годовых изменений, станция Тоака (Румыния), расположенная в горных более высоких концентрациях, соответствующих устремлениям A2 и A3, может быть объяснена переносом массы воздуха тепловой конвекцией из низменных областей, характеризующейся более

высокими концентрациями потомства. Результаты представлены на рисунке 8.

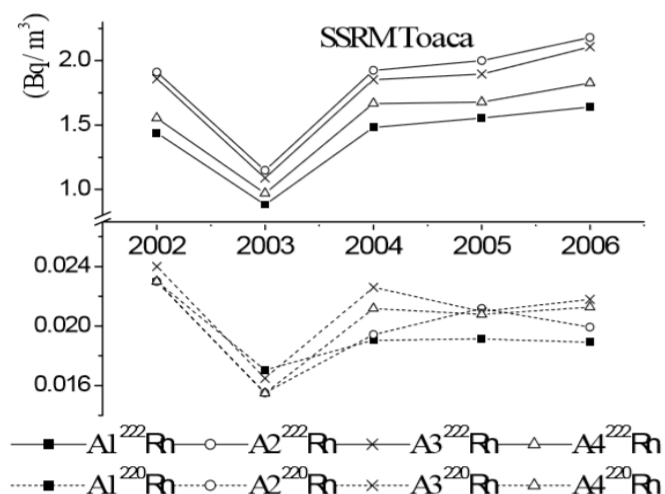


Рисунок 9 – Годовая динамика концентрации ^{222}Rn и ^{220}Rn потомков на устремления

Из анализа среднегодовой концентрации ^{222}Rn и ^{220}Rn потомства, полученных на станции в 2002-2006 годах можно видеть, что среднее годовое потомство радона и торона в дневное время (устремления A2 и A3) ниже, чем результаты, полученные в устремления ночи (устремления A1 и A4). Физическое объяснение этих изменений заключается в том, что в дневное время турбулентная диффузия усиливается повышенным температурным удельным планетарным пограничным слоем, а атмосферная стабильность ночью более выражена из-за тепловых инверсий и спокойной атмосферы.

1.5. Влияющие факторы

Атмосферные концентрации газа радона (^{222}Rn) непрерывно контролировались каждые четыре часа на уровне земли в городе Джидда, Королевство Саудовская Аравия [11] результаты представлены на рисунках 9 и 10 соответственно

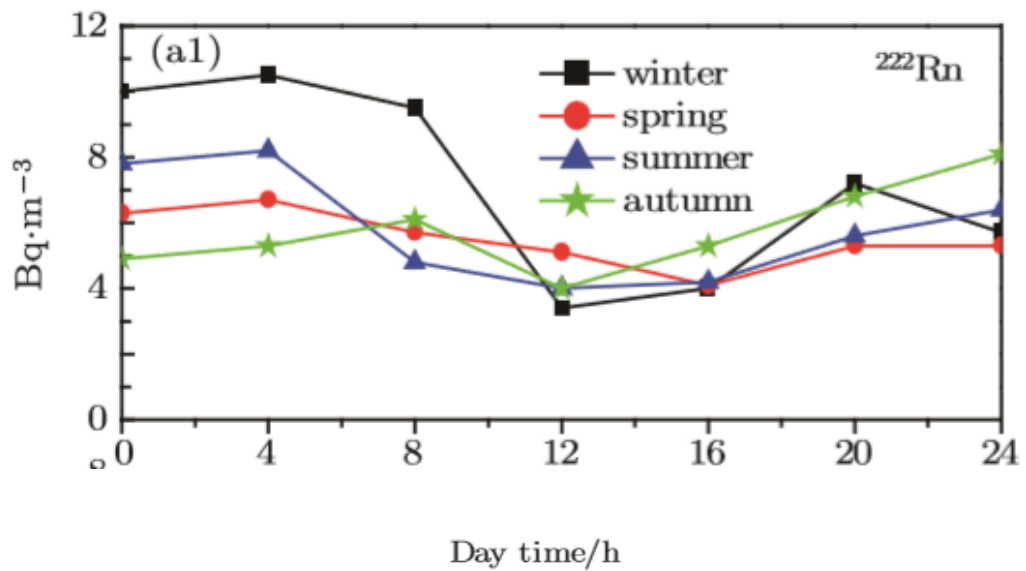


Рисунок 10 – Средняя суточная вариация ^{222}Rn в течение каждого сезона в течение одного года (ноябрь 2014 года - октябрь 2015 года) для измерений поверхностного воздуха в Джидде, KSA.

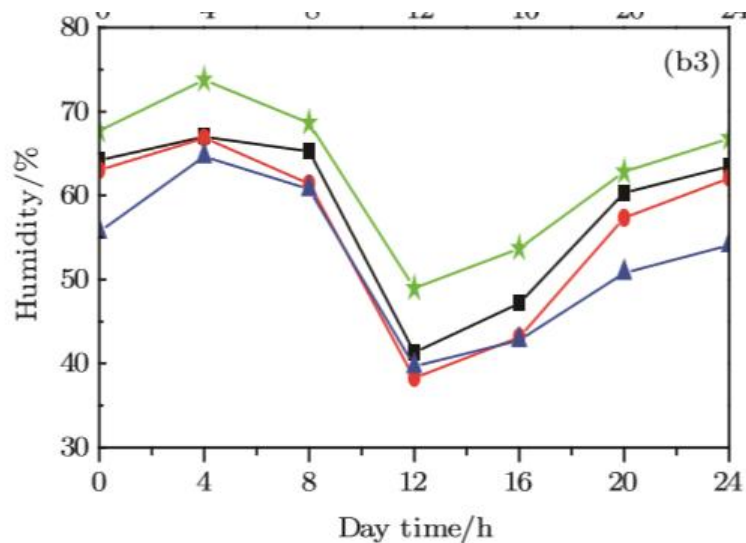


Рисунок 11 – Среднее суточное изменение относительной влажности в течение одного года (ноябрь 2014 года - октябрь 2015 года) для измерений поверхностного воздуха в Джидде, KSA

В осенне-зимний сезон снижение температуры и повышение влажности воздуха приводят к накоплению концентрации активности в

воздухе. В весенне-летний сезон конвекционные токи активируются из-за более высокой температуры. Поэтому ^{222}Rn и его потомство переносятся в верхний пограничный слой атмосферного воздуха и не будет обогащения радиоактивности в нижних слоях. Среднее значение в зимний сезон выше среднего значения летнего сезона. Это объясняется более высокой влажностью воздуха в зимний сезон (среднее значение 58%), что увеличивает скорость прилипания ^{222}Rn и его потомства к аэрозольным частицам.

Также можно рассмотреть результаты полученные в Австралии [12]. Метеорологические параметры и концентрации ^{222}Rn сильно варьировались в течение 1-летнего периода исследования (рис.12).

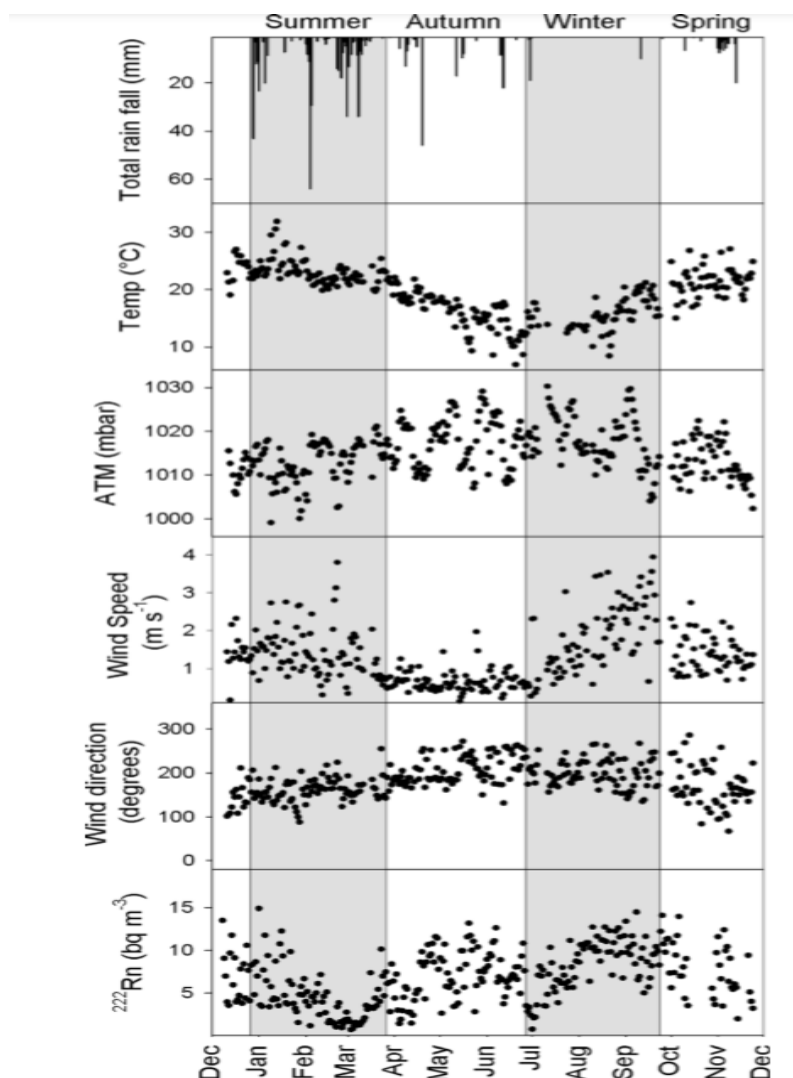


Рисунок 12 – Среднее дневное количество осадков ($n = 353$), температура ($n = 311$), ATM ($n = 327$), скорость / направление ветра ($n = 328$) и ^{222}Rn концентрации ($n = 353$) на протяжении всего исследования

Метеорологические данные отражали сезонный характер для региона с более теплыми летними годами с более сильной штормовой активностью и преимущественно ветрами, а также холодными и ветряными волнами. По сравнению с 1-летним временным рядом (750,4 мм) было на 30% ниже среднегодового количества осадков. Самые низкие концентрации ^{222}Rn в течение длительного периода были замечены к концу летом ($1,4 \pm 0,5 \text{ Бк м}^{-3}$ в течение 13 дней). Это соответствовало ежедневному количеству осадков между 0,3 и 34,0 мм с дождем в 26 из 27 дней с 13 февраля по 11 марта 2014 года. В целом среднесуточные осадки летом ($4,2 \pm 9,3 \text{ мм в день}^{-1}$) были более чем в десять раз выше, чем средний дневной дождь зимой ($0,4 \pm 2,2 \text{ мм в день}^{-1}$). В этом исследовании средняя суточная концентрация ^{222}Rn была самой высокой зимой ($8,3 \pm 3,0 \text{ Бк м}^{-3}$) и самой низкой в летнее время ($4,5 \pm 3,1 \text{ Бк м}^{-3}$). Это соответствовало средней летней температуре ($23,1 \pm 2,3 \text{ }^\circ\text{C}$), которая была выше, чем весна ($21,8 \pm 2,7 \text{ }^\circ\text{C}$), осенняя ($16,6 \pm 3,5 \text{ }^\circ\text{C}$) и зимняя ($15,6 \pm 3,0 \text{ }^\circ\text{C}$) температуры. В целом наблюдалась значительная отрицательная линейная зависимость между концентрацией ^{222}Rn и температурой. Этот ответ активности ^{222}Rn на температуру, скорее всего, обусловлен более высокими коэффициентами излучения от ^{222}Rn от почв. Радоновая эманация представляет собой долю радона, генерируемого из ^{226}Ra , который может проникать в поровое пространство осадков, а при более высоких температурах эманация может увеличиваться, поэтому более низкие концентрации ^{222}Rn летом в ходе этого исследования, вероятно, указывают на большее влияние влажности почвы на выброс ^{222}Rn из почв.

1.6 Исследование влияния турбулентной диффузии на объемную активность радона и торона в различных странах

Ежечасные концентрации радона в атмосфере и метеорологические параметры отслеживались на участке субальпийского бассейна (ЮАР, Любляна Безиград) и субсредиземноморском долине (Доленье при Айдовщине) в летний период (июнь-август) 2018 года [13].

Результаты данного исследования представлены на рисунках 13 и 14.

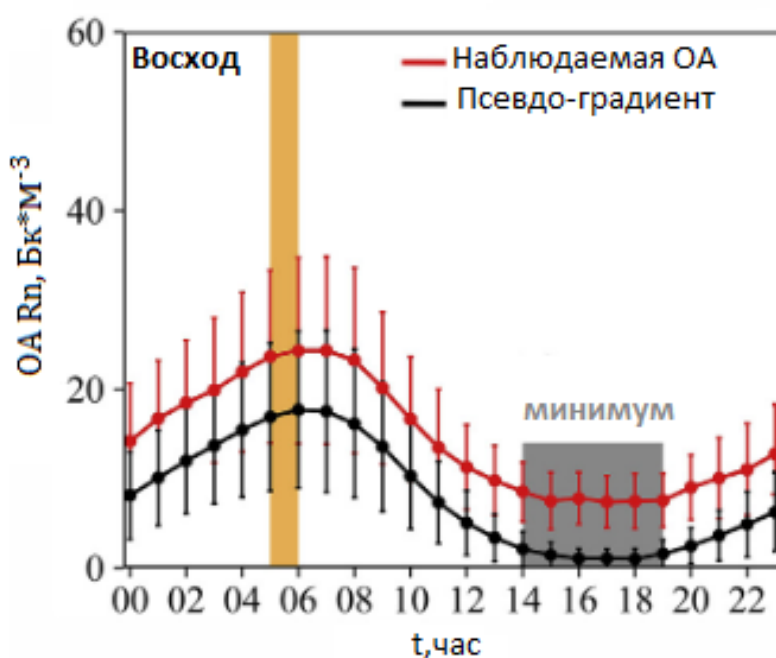


Рисунок 13 – Летнее среднее значение среднечасовых суточных композитов наблюдаемого радона и локального вклада в радон (псевдоградиент) на участке субальпийского бассейна

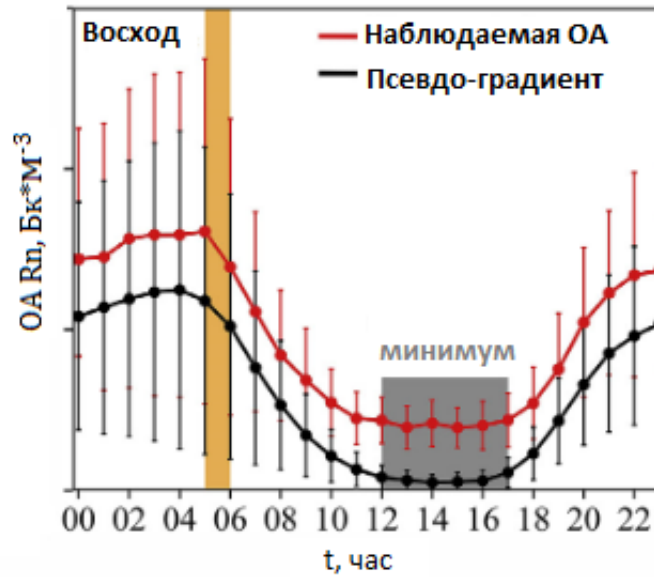


Рисунок 14 – Летнее среднее значение среднечасовых суточных композитов наблюдаемого радона и локального вклада в радон (псевдоградиент) на участке субсредиземноморской долины

Дневные циклы характеризуются минимумом в середине дня, когда нижняя атмосфера наиболее глубоко перемешана, и ночным максимумом на рассвете, когда нижняя атмосфера самая низкая. Амплитуда этих суточных циклов в первую очередь связана со средним дневным и ночным изменением глубины перемешивания в летнее время в атмосфере (или «стабильностью») из-за таких факторов, как локальное воздействие, характеристики поверхности (шероховатость, альbedo и т. д.) и топография. Оттенки серого цвета на рисунках 13 и 14 представляют период суточного цикла, в котором минимальная концентрация радона обычно находилась каждый день. В это время нижняя атмосфера наиболее глубоко перемешана, отношение влияния удаленного источника на измеренные концентрации радона максимально.

Также исследования были проведены в департаменте физики Миланского университета (Италия), где регулярно контролировались короткоживущие продукты распада радона. Милан расположен в долине

реки По, известной европейской загрязненной местности. Альпы и Апеннины очень часто препятствуют замене воздушных масс в Пovalле [14].

Результаты исследования представлены на рисунке 15.

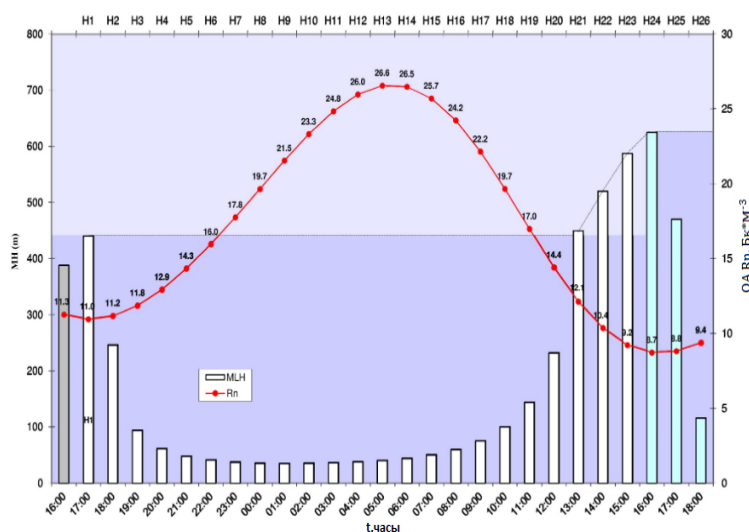


Рисунок 15 – Пример эквивалентной временной эволюции высоты смешивания. Красная линия и точки представляют концентрацию радона

Исходя из рисунка можно сделать вывод, что при минимальном значении высоты слоя смешивания $OA Rn$ достигает максимальных значений.

1.7 Заключение по главе 1

Почва является основным источником радона в приземной атмосфере.

В приземной атмосфере OA радона может сильно (в 2 и более раз) изменяться в течение суток, что обусловлено суточными изменениями вертикального турбулентного перемешивания в атмосфере, адвекцией и величиной потока радона из почвы. В результате анализа литературы было выявлено, что существует суточный максимум концентрации, который наблюдается, когда атмосфера наименее подвижна, и минимум, который наблюдается днем, когда вертикальное перемешивание воздуха благодаря турбулентной диффузии максимально.

Мощность и интенсивность инверсии характеризуются значительной сезонной изменчивостью. Характеристики климата каждого разного района прямо влияют на сезонные вариации радона. При континентальном климате и в некоторых прибрежных районах мира максимумы мощности и интенсивности инверсии наблюдаются зимой, а минимумы – летом. Приземные инверсии небольшой мощности чаще наблюдаются в теплый период года, а более мощные – в холодный период.

Ветер сильно изменяет вертикальный профиль объемной активности изотопов радона и продуктов распада. Ветер, направленный к поверхности земли снижает активность изотопов радона и дочерних продуктов распада на больших высотах и, наоборот, сильно увеличивает и сравнивает их активности у земной поверхности.

Глава 2 Методы измерения характеристик радонового поля

Во второй главе описаны приборы, используемые для измерения характеристик радонового поля. Также приведены их основные технические характеристики и область применения приборов.

2.1 Радиометр RTM 2200

RTM-2200 – монитор радона/торона, который используется для всех видов радоновых измерений. Функции радиометра RTM-2200 не ограничены получением и хранением данных, он также может управлять оборудованием для взятия проб (насосы, клапаны, позиционирование и т. д.).



Рисунок 16 – Радиометр RTM 2200

Работа измерительной камеры основана на принципе электростатического осаждения в поле высокого напряжения и, несмотря на малый объём, камера обладает невероятной чувствительностью. Это имеет решающее значение при анализе проб торона, а также при анализе небольшого объема прокачиваемого газа, в частности почвенных газов. Долговременное загрязнение, вызванное накоплением в камере ^{210}Po , которому подвержены другие измерительные системы, полностью исключается. Также отсутствует перекрёстная чувствительность, связанная с внешним гамма-излучением. Изменения во влажности окружающей среды не

вливают на характеристики измерительной камеры RTM-2200, поэтому отсутствует необходимость в осушителях, требуемых в других устройствах, работающих по принципу электростатического осаждения.

2.2 Альфарад ПЛЮС – Радиометр радона

Данная модификация включает полный набор блоков измерения и устройств пробоотбора.

В модификацию входят два измерительных блока (блок измерения ЭРОА, блок измерения ОА), которые совмещены в едином корпусе.

В данную модификацию входят также автономная воздуходувка с пробоотборными устройствами для отбора проб при измерениях содержания радона в пробах воды, почвенного воздуха и измерения плотности потока радона (ППР) с поверхности грунта.

Модификация предназначена для следующих режимов работы:

- с помощью блока измерения ЭРОА проводить мониторинг содержания дочерних продуктов распада (ДПР) радона и торона в воздухе аспирационным методом, когда аэрозоли, путем прокачки, осаждаются на фильтр, а затем их содержание измеряется посредством альфа-спектрометрии;

- с помощью блока измерения ОА проводить мониторинг объемной активности радона и торона в воздухе;

- с помощью автономной воздуходувки и пробоотборных устройств отбирать пробы и измерять содержание радона в пробах воды, содержание радона в пробах почвенного воздуха, измерять ППР с поверхности грунта.

Одноплатный РС-компьютер в составе радиометра позволяет:

- задавать различные режимы измерений;

- проводить обработку результатов;

- тестировать режимы работы блоков радиометра;

- представлять результаты измерений;
- хранить их в удобном виде;
- сбрасывать информацию на флеш-память, по сети или на персональный компьютер через USB-порт.



Рисунок 17 – Радиометр Альфарад ПЛЮС

Радиометр имеет сенсорный дисплей высокого разрешения, который позволяет выводить данные на экран в виде графиков, может использоваться в полевых условиях, так как энергоснабжение радиометра осуществляется от автономного источника питания повышенной емкости.

2.3 Радиометра радона RAD7

RAD7 – Универсальный инструмент, который может стать основой комплексной системы измерения радона. Он может использоваться во многих разных режимах для разных целей.

RAD7 может быть использован в следующих измерениях:

- непрерывный мониторинг радона в воздухе;
- измерение радона в воде;
- проверка почвенного газа;
- измеряя выбросы радона и торона от объектов и поверхностей.



Рисунок 18 – Радиометр радона RAD7

2.4 PPA-01M-03 – Радиометр радона

Радиометр радона PPA-01M-03 предназначен для измерений объемной активности (ОА) радона-222 и торона-220 в воздухе жилых и рабочих помещений, а также на открытом воздухе.

Измерение ОА радона-222 и торона-220 основано на электростатическом осаждении дочерних продуктов распада радона-222 и торона-220 - положительно заряженных ионов ^{218}Po (RaA) и ^{216}Po (ThA) - из отобранной пробы воздуха на поверхность полупроводникового детектора

с помощью высокого положительного потенциала, поданного на электрод измерительной камеры.

Активность радона-222 и торона-220 определяются альфаспектрометрическим методом по количеству зарегистрированных альфа-частиц при распаде $Ra\alpha$ и $Th\alpha$. В процессе измерений контролируются следующие параметры окружающей среды: температура, относительная влажность и давление.

2.5 Радиометр радона РРА-01М-03

Радиометр радона РРА-01М-03 выполнен в виде носимого прибора с автономным и сетевым питанием.



Рисунок 19 – Радиометр РРА-01М-03

Основными его узлами являются:

- микровоздуходувка;
- измерительная камера с аэрозольным фильтром и полупроводниковым детектором;
- зарядочувствительный предусилитель;
- климатическая камера с датчиками температуры, влажности и давления;
- высоковольтный блок питания;

- автономный источник питания;
- блок управления с расположенными в нем элементами управления и индикации на базе микропроцессора;
- сетевой блок питания (прилагается отдельно).

2.6 РГА-06П – Радиометр радона и торона

Радиометр РГА-06П обеспечивает:

- измерение мгновенной объемной активности радона в атмосферном воздухе;
- измерения эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе;
- интегральные измерения;
- Радиометр РГА-06П имеет дополнительные функции:
- измерение радоновыделения из почвы и воды;
- измерение концентрации радона в скважинах;
- измерение концентрации торона в воздухе.



Рисунок 20 – Радиометр радона и торона РГА-06П

Глава 3 Описание эксперимента, результаты и их анализ

3.1 Условия эксперимента

Непрерывный мониторинг характеристик радоновых полей осуществляется с конца 2016 г по настоящее время на экспериментальной площадке ТПУ-ИМКЭС с использованием приборов немецкой фирмы SARAD, основанных на полупроводниковой α -спектрометрии. Для определения ОА дочерних продуктов распада радона используется метод прокачки воздуха через мембранный фильтр с параллельной α -спектрометрией полупроводниковым детектором.

Процесс мониторинга полностью автоматизирован, прокачка воздуха производится непрерывно. Время одного измерения составляет 30 мин. Высота установки приборов 1 м над земной поверхностью. Непрерывно измеряются следующие характеристики радонового поля: объемная активность радона и торона; эквивалентная равновесная объемная активность радона; скрытая энергия ДПР радона и торона в воздухе; количество импульсов от изотопов полония.

Также параллельно мониторинг проводился при помощи американского прибора РАД 7 на высоте 1 и 25 м. Принцип действия основан на спектрометрическом анализе альфа-распадов радона и торона.

3.2 Результаты эксперимента

Объемные активности радона и торона сильно зависят от разных сезонов года. В Томске можно проследить более высокую среднюю ОА радона в зимний период, а ОА торона максимальна в летний период.

Как было выявлено ранее, ОА радона в приповерхностной атмосфере зависит от места сбора проб, времени, высоты над землей и метеорологических условий. Распространение радона в атмосфере после их

выдоха из почвы обусловлено главным образом турбулентной диффузией и ограничено только радиоактивным распадом.

В результате анализа экспериментальных данных, получена динамика значений среднемесячной объемной активности радона в приземной атмосфере на высоте 1 м и 25 м. Для анализа были взяты два месяца лето (август) 2018 и осенью (октябрь) 2017 года. Результаты анализа представлены на рисунках 21 и 22 соответственно.



Рисунок 21 – Динамика ОА радона и торона в августе на высоте 1 м (зеленая линия) и 25 м (фиолетовая линия)

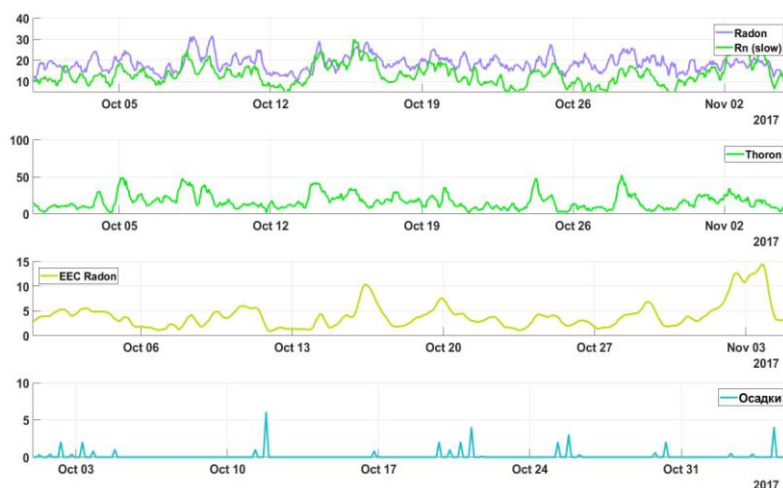


Рисунок 22 – Динамика ОА радона и торона в октябре на высоте 1 м (зеленая линия) и 25 м (фиолетовая линия)

На рисунках представлены значения количества осадков в мм, выпавших в период наблюдения. Проанализировав, рисунки можно сделать вывод, что в период выпадения осадков уменьшается ОА радона и торона.

Пролеживаются суточные вариации с минимумом в обеденное время и максимумами в ночное время. В главе 1 подробно описаны причины такого поведения.

Из рисунков, также видно, что на высотах 1 и 25 м в августе ОА разнятся в период увеличения скорости ветра (данные о метеорологических параметрах взяты с [18]) . При этом ОА радона на высоте 1 и 25 метров отличается в данный период наблюдения не более, чем на $15 \text{ Бк}\cdot\text{м}^3$.

В октябре, ОА радона сохраняет свои значения вне зависимости от высоты. Падение ОА в некоторые дни можно обосновать отрицательными температурами и также увеличением скорости ветра.

3.3 Заключение по главе 3

Было установлено, что на всем периоде наблюдения прослеживались суточные вариации, как для радона, так и для торона.

При сопоставлении значений ОА радона с метеорологическими параметрами был сделан вывод, что наибольший разброс значений на разных высотах наблюдается при увеличении скорости ветра.

Из результатов полученных экспериментально можно сделать вывод, что в августе на высоте 1 м ОА радона выше, чем на высоте 25 м. В октябре же различия в значениях ОА на разных высотах не так заметны, однако на высоте 25 м значение ОА выше, чем на высоте 1 м.

Глава 4. Моделирование вертикального распределений объемной активности радона в приземной атмосфере

Перенос радона в системе «грунт-атмосфера» в основном осуществляется с помощью основных процессов диффузии и адвекции. Процесс адвекции характеризуется вертикальным перемещением радона в грунте в результате теплообмена (конвекции), вариаций давления (фильтрации), влагооборота и других процессов. В данной работе грунт рассматривается, как пористая среда с открытыми и связанными между собой порами, что обеспечивает диффузию, а атмосфера ограничена приземным слоем. В математическом моделировании процесса переноса радона в системе «грунт-атмосфера» будем считать характеристики переноса постоянными и известными величинами. Практический интерес, в большинстве случаев, представляет рассмотрение только вертикального переноса радона из грунта к земной поверхности.

4.1 Описание традиционной модели

Традиционно используют в подобных исследованиях следующую модель

$$\frac{\delta A}{\delta t} = \nabla((D_M + D_t)\nabla A) - \lambda A, \quad (4.1)$$

где $A(z,t)$ – функция объемной активности Рп, Бк/м³;

D_M – коэффициент молекулярной диффузии, м²/с;

$D_T(z,t)$ – функция коэффициента турбулентности атмосферы, м²/с;

λ – постоянная распада i -го радионуклида, с⁻¹.

Как было сказано ранее рассматриваем одномерный случай, когда перенос радионуклидов осуществляется вдоль оси z , направленной вверх от поверхности земли. Тогда уравнение будет переписано в виде

$$\frac{\delta A(z,t)}{\delta t} = \frac{\partial}{\partial z} (D_M + D_t(z,t) \frac{\partial A(z,t)}{\partial z}) - \lambda A(z,t) \quad (4.2)$$

Уравнений нужно решить с начальным условием $A(z,0)=5$, и краевыми условиями

$$(D_M + D_t(z,t) \frac{\partial A_i(z,t)}{\partial z}) \Big|_{z=0} = q(t), \quad (4.3)$$

$$A(z,t) \rightarrow 0, z \rightarrow 10^6, \quad (4.4)$$

$q(t)$ – функция плотности потока радона.

Для моделирования были взяты следующие значения параметров представленных в таблице 4.1

Таблица 4.1- Значение параметров моделирования

	Радон
$D_m, \text{ м}^2/\text{с}$	$1.2 \cdot 10^{-5}$
$q, \text{ мБк м}^{-2} \text{ с}^{-1}$	10-100
$D_t, \text{ м}^2/\text{с}$	0,01-10 / $K \cdot \varphi$, где φ -неизвестная функция
$\lambda, \text{ с}^{-1}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$

4.1.1 Моделирование при постоянном коэффициенте турбулентной диффузии

Следует рассмотреть случай когда $\varphi=1$, следовательно $D_t=K$. Временной интервал составляет 72 часа. В эксперименте рассматривались значение ОА на высотах 1 и 25 метров, следовательно был выбран интервал для высот от 0 до 30 метров. Значение ППР было выбрано максимальным и составило $100 \text{ мБк м}^2 \text{ с}^{-1}$. K принимает следующие значения: 0,01; 0,5; 5; 10.

Модели полученные при данных значениях коэффициента турбулентной диффузии представлены на рисунках 23,24,25,26 соответственно

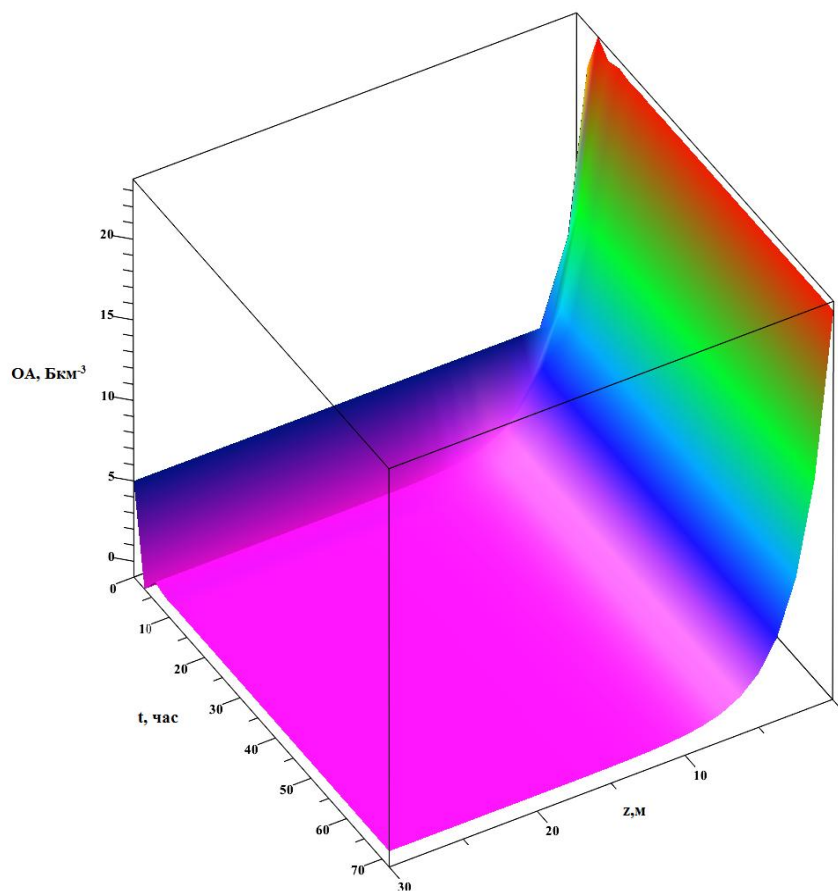


Рисунок 23 – Модель вертикального распределение ОА Rn²²² при Dt=0,01,Бкм⁻³

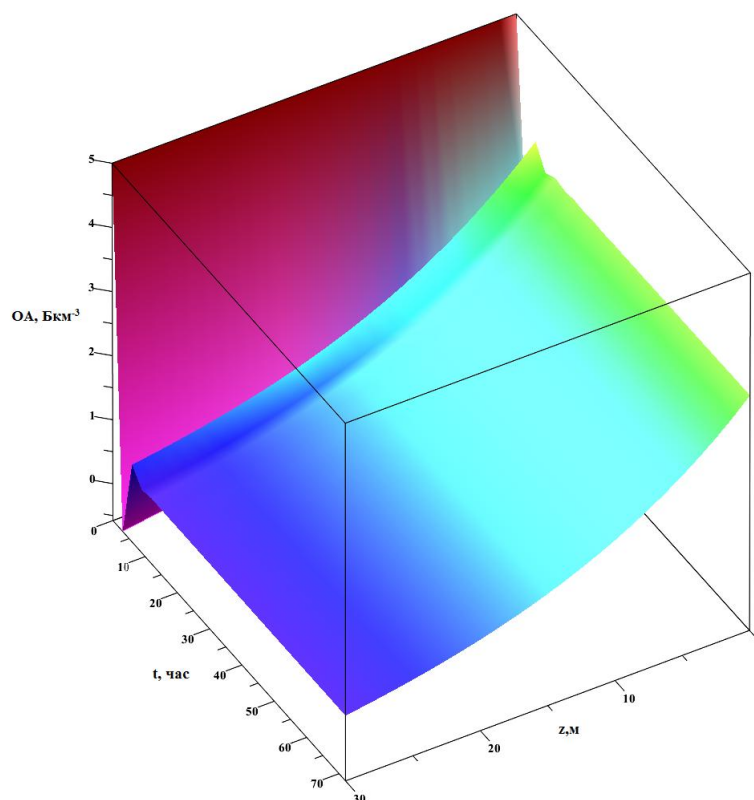


Рисунок 24 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=0,5$, $Бкм^{-3}$

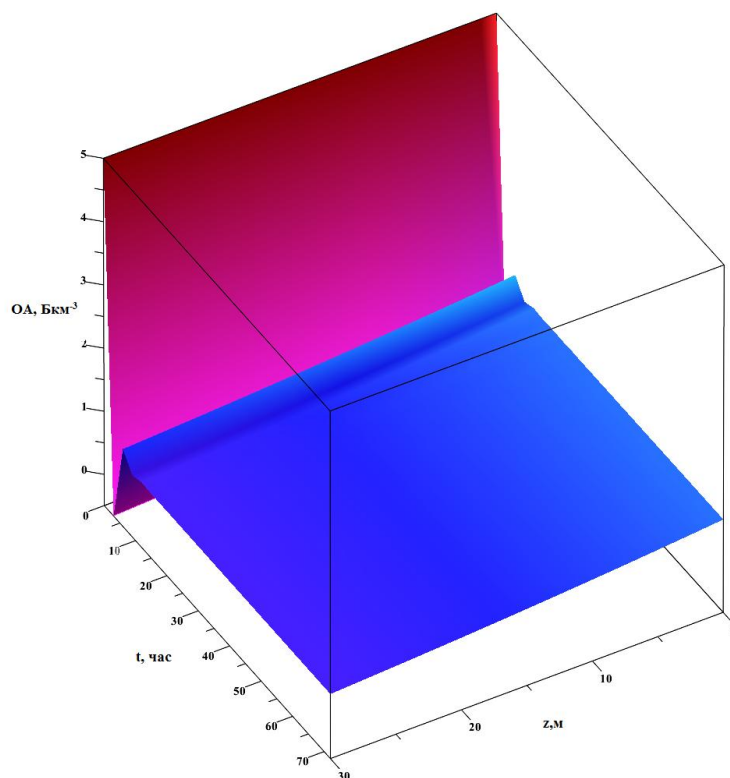


Рисунок 25 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=5$, $Бкм^{-3}$

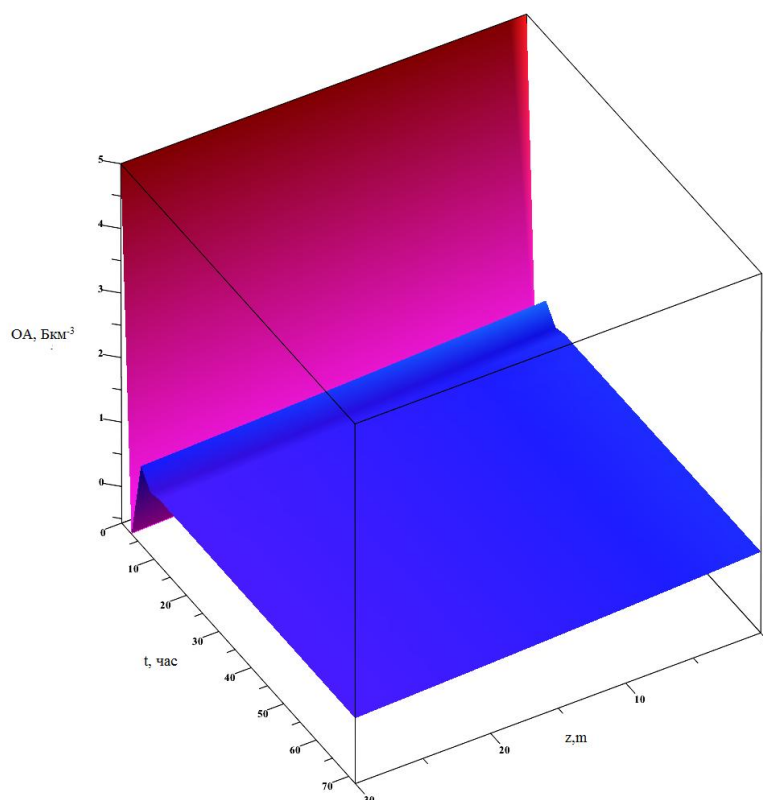


Рисунок 26 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=10$, Bkm^{-3}

Заметно, что при данных значениях функции турбулентной диффузии невозможно наблюдать, зависимость ОА от времени схожую с зависимостью полученной в ходе эксперимента.

Можно отметить, что при увеличении высоты ОА уменьшается, что противоречит экспериментальным данным.

При увеличении коэффициента турбулентной диффузии наблюдается переход от экспоненциальной к линейной зависимости.

4.1.2 Моделирование при линейном коэффициенте турбулентной диффузии

Рассмотрен случай когда $\varphi = \exp(z)$, следовательно $Dt =$. Временной интервал составляет 72 часа. Интервал для высот от 0 до 30 метров. Значение ППР было выбрано минимальным и составило $10 \text{ мБкм}^2 \text{ с}^{-1}$ (так как даже при

минимальном значении ППР ОА принимает большие значения). К принимает следующие значения: 0,01; 0,5; 5; 10. Модели полученные при данных значениях коэффициента турбулентной диффузии представлены на рисунках 27, 28, 29, 30 соответственно

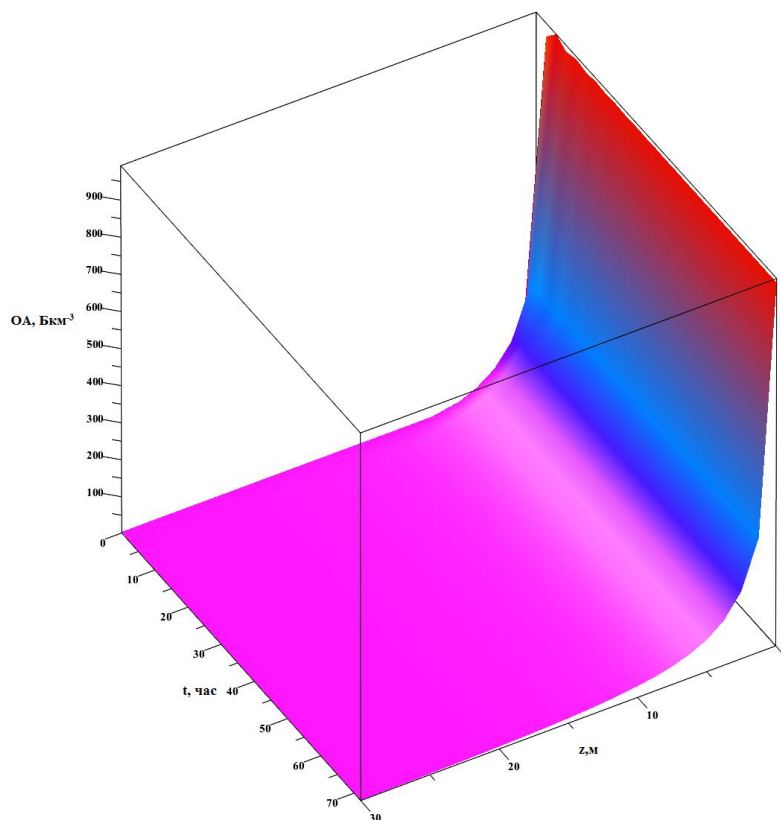


Рисунок 27 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=0,01 \cdot z, \text{Бкм}^{-3}$

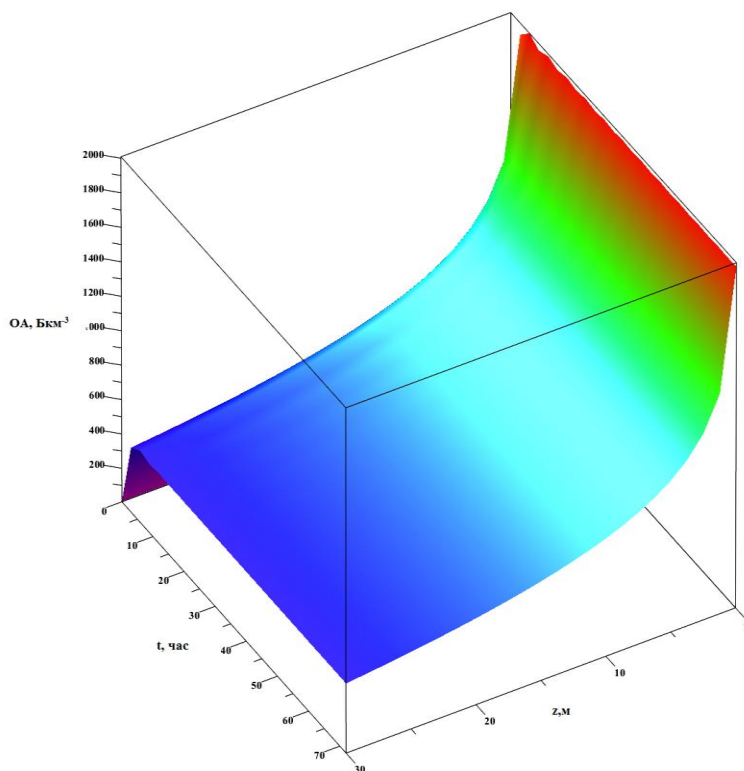


Рисунок 28 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=0,5 \cdot z, \text{Bkm}^{-3}$

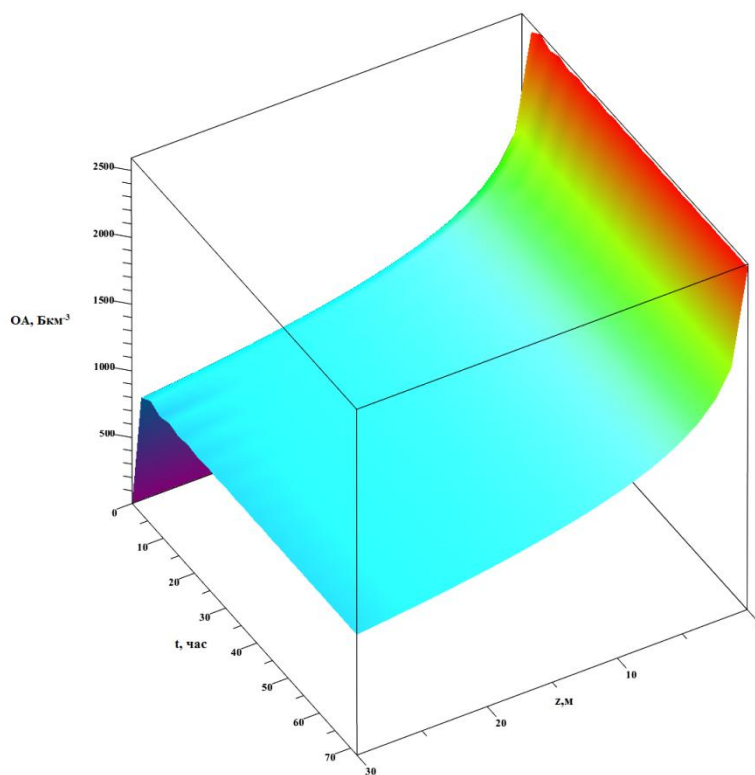


Рисунок 29 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=5 \cdot z, \text{Bkm}^{-3}$

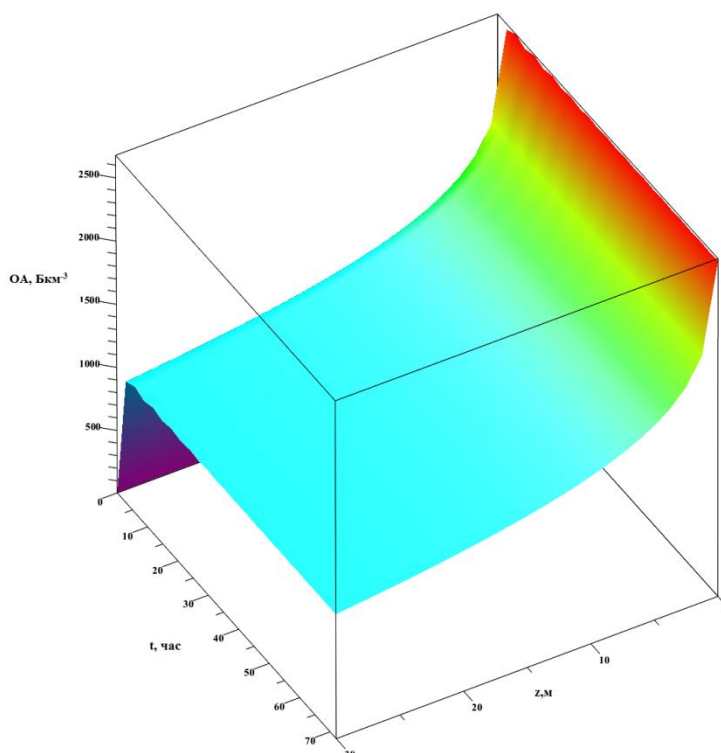


Рисунок 30 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=5 \cdot z$, $Бкм^{-3}$

При данных значениях функции турбулентной диффузии также и в предыдущем случае невозможно наблюдать, зависимость ОА от времени схожую с зависимостью полученной в ходе эксперимента.

При увеличении высоты ОА уменьшается, что противоречит экспериментальным данным.

При увеличении коэффициента турбулентной диффузии наблюдается экспоненциальная зависимость ОА. Также с ростом Dt растет значение ОА.

4.1.3 Моделирование при экспоненциальном коэффициенте турбулентной диффузии

Рассмотрен случай когда $\varphi = \exp(z \cdot K)$, а $Dt = \exp(z \cdot K)$. Временной интервал составляет 72 часа. Интервал для высот от 0 до 30 метров. Значение ППР было $10 \text{ мБкм}^2 \text{ с}^{-1}$. K принимает следующие значение: 0,01. Модель

полученная при данном значении коэффициента турбулентной диффузии представлена на рисунке 31. Ранее рассматривалось 4 значения для K , однако при данной модели при увеличении K уравнение имеет единственное решение.

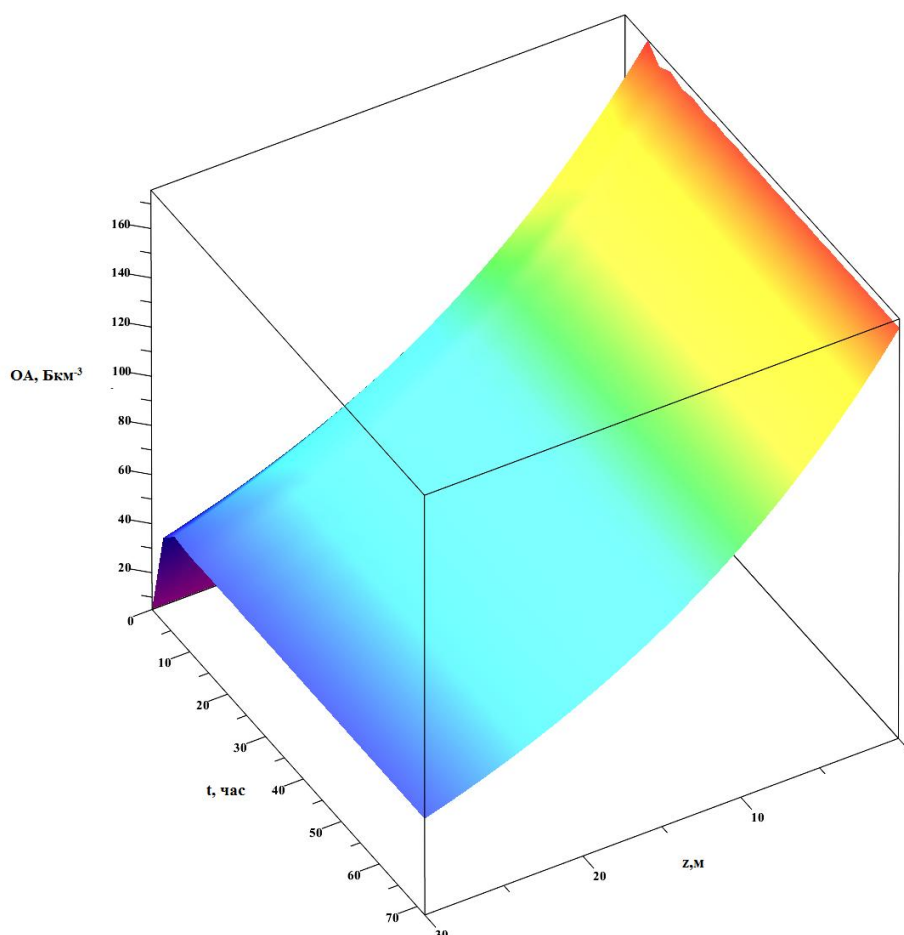


Рисунок 31 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt = \exp(0.01 * z), Bkm^{-3}$

Анализируя рисунок, можно сделать вывод, что при увеличении высоты ОА убывает по экспоненциальному закону. Также как и в предыдущих моделях не наблюдается связи схожей с экспериментом в зависимости ОА от времени.

4.1.4 Моделирование при степенном коэффициенте турбулентной диффузии

Можно рассмотреть случай, когда $Dt=z^K$. Интервал для высот от 0 до 30 метров. Значение ППР было $10\text{мБкм}^2\text{с}^{-1}$. К принимает следующие значения: 0,01; 0,5; 5; 10. Временной интервал составил 72 часа. Модели полученные при данных значениях коэффициента турбулентной диффузии представлены на рисунках 32,33,34,35 соответственно

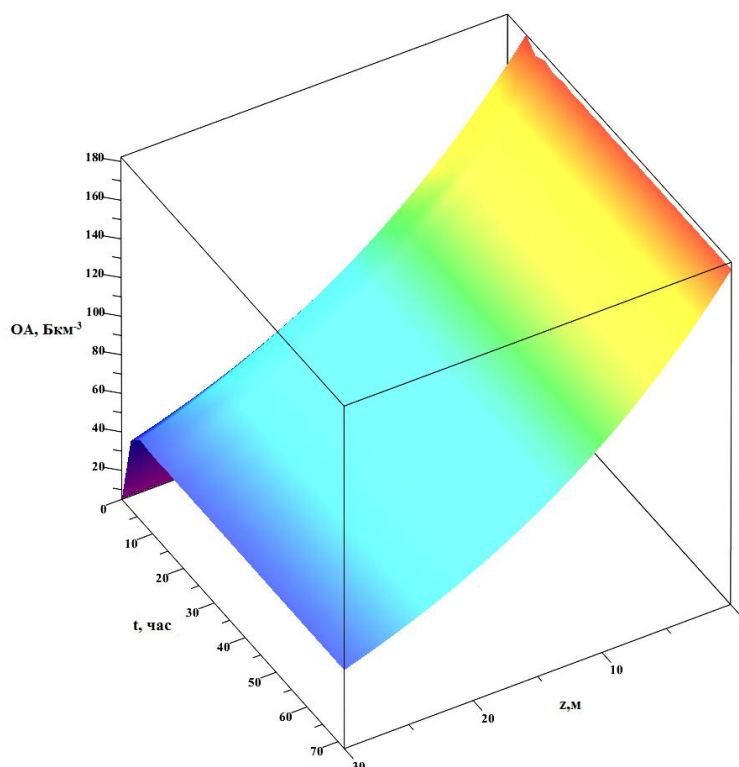


Рисунок 32 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=z^{0.01}$, Бкм^{-3}

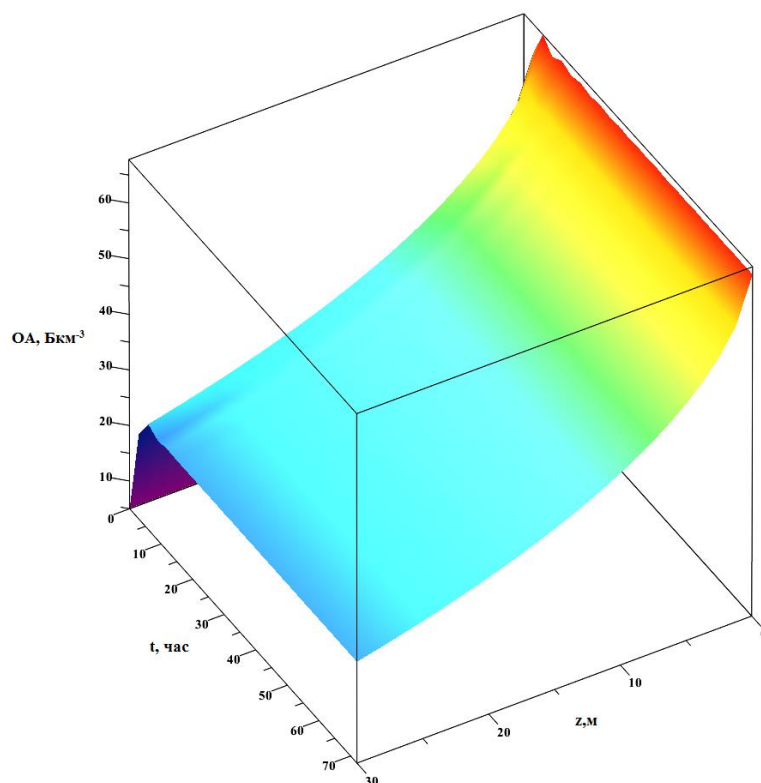


Рисунок 33 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=z^{0.5}$, $Бкм^{-3}$

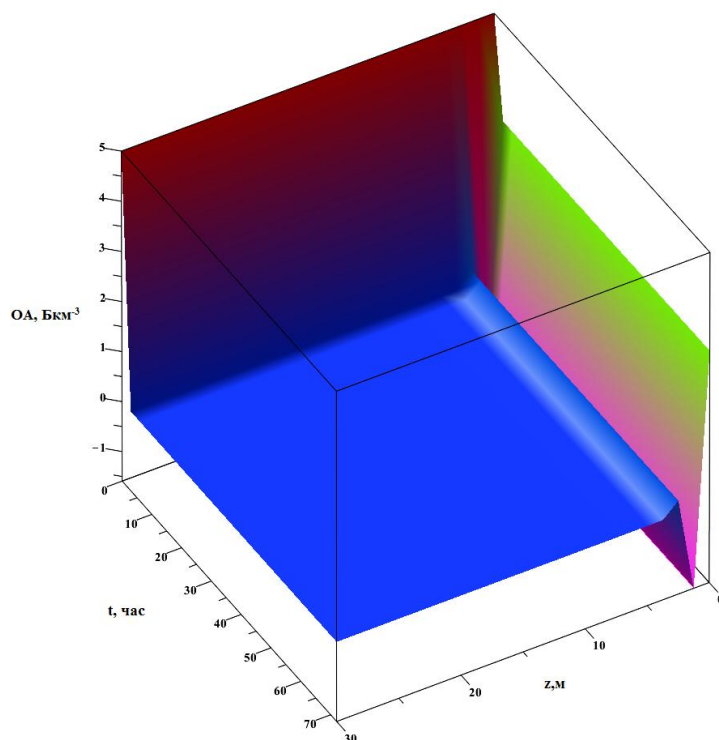


Рисунок 34 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=z^5$, $Бкм^{-3}$

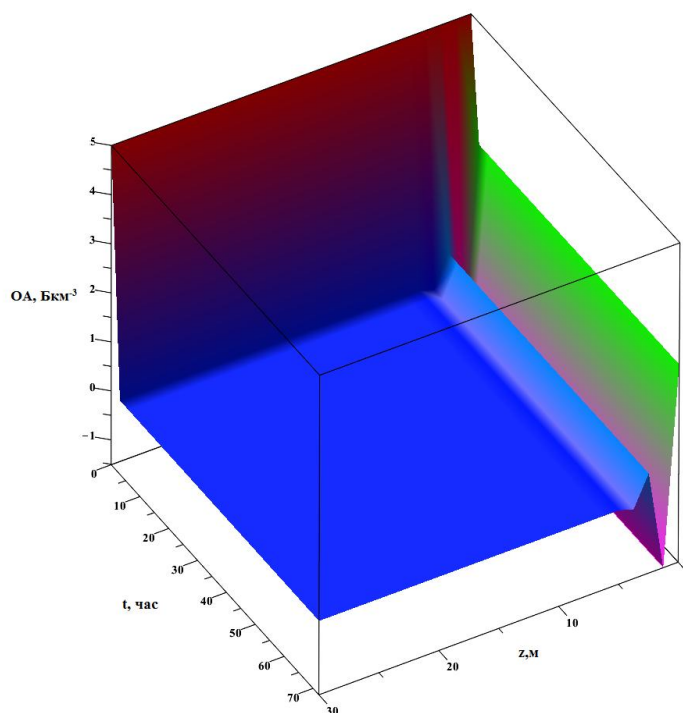


Рисунок 35 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=z^{10}$, $Bкм^{-3}$

При данных значениях функции турбулентной диффузии также и в предыдущем случае невозможно наблюдать, зависимость ОА от времени схожую с зависимостью полученной в ходе эксперимента.

При увеличении высоты ОА уменьшается, что противоречит экспериментальным данным.

При увеличении коэффициента турбулентной диффузии наблюдается экспоненциальная зависимость ОА при K менее 1, при K более 1 можно наблюдать, что ОА изменяется только на высоте менее пяти метров, при этом при некоторых значениях высоты ОА приобретает отрицательные значения, что противоречит эксперименту. На высоте более 5 м ОА при высокой турбулентности равна нулю.

4.1.5 Моделирование при синусоидальном коэффициенте турбулентной диффузии

Следует рассмотреть случай когда $\varphi=(1-\sin(\omega \cdot t)) \cdot z$, где ω – угловая скорость вращения Земли ($7,2921 \cdot 10^{-5} \text{с}^{-1}$). Следовательно $Dt=K \cdot \varphi=(1-\sin(\omega \cdot t)) \cdot z \cdot K$ Временной интервал составляет 72 часа. Интервал для высот от 0 до 30 метров. Значение ППР было выбрано минимальным и составило $10 \text{мБкм}^2 \text{с}^{-1}$. K принимает следующие значения: 0,01; 0,5; 5; 10. Модели полученные при данных значениях коэффициента турбулентной диффузии представлены на рисунках 36,37,38,39 соответственно

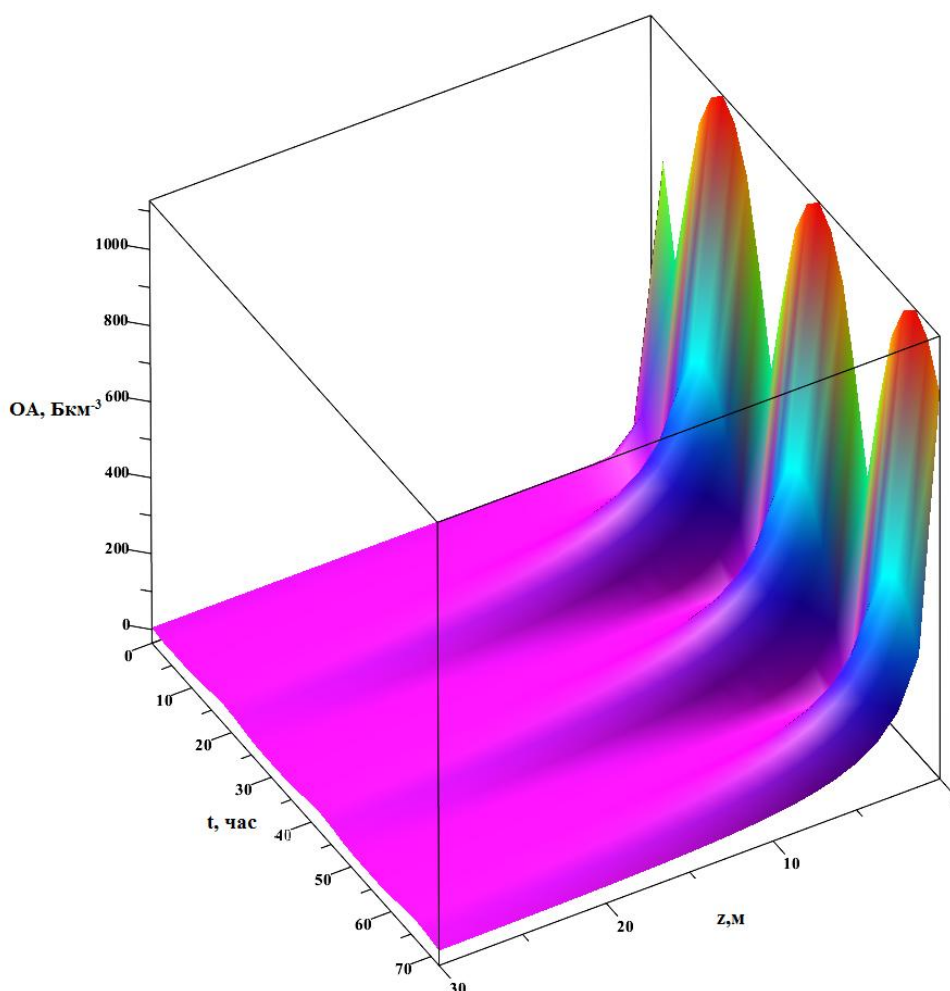


Рисунок 36 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=(1-\sin(\omega \cdot t)) \cdot z \cdot 0.01, \text{Бкм}^{-3}$

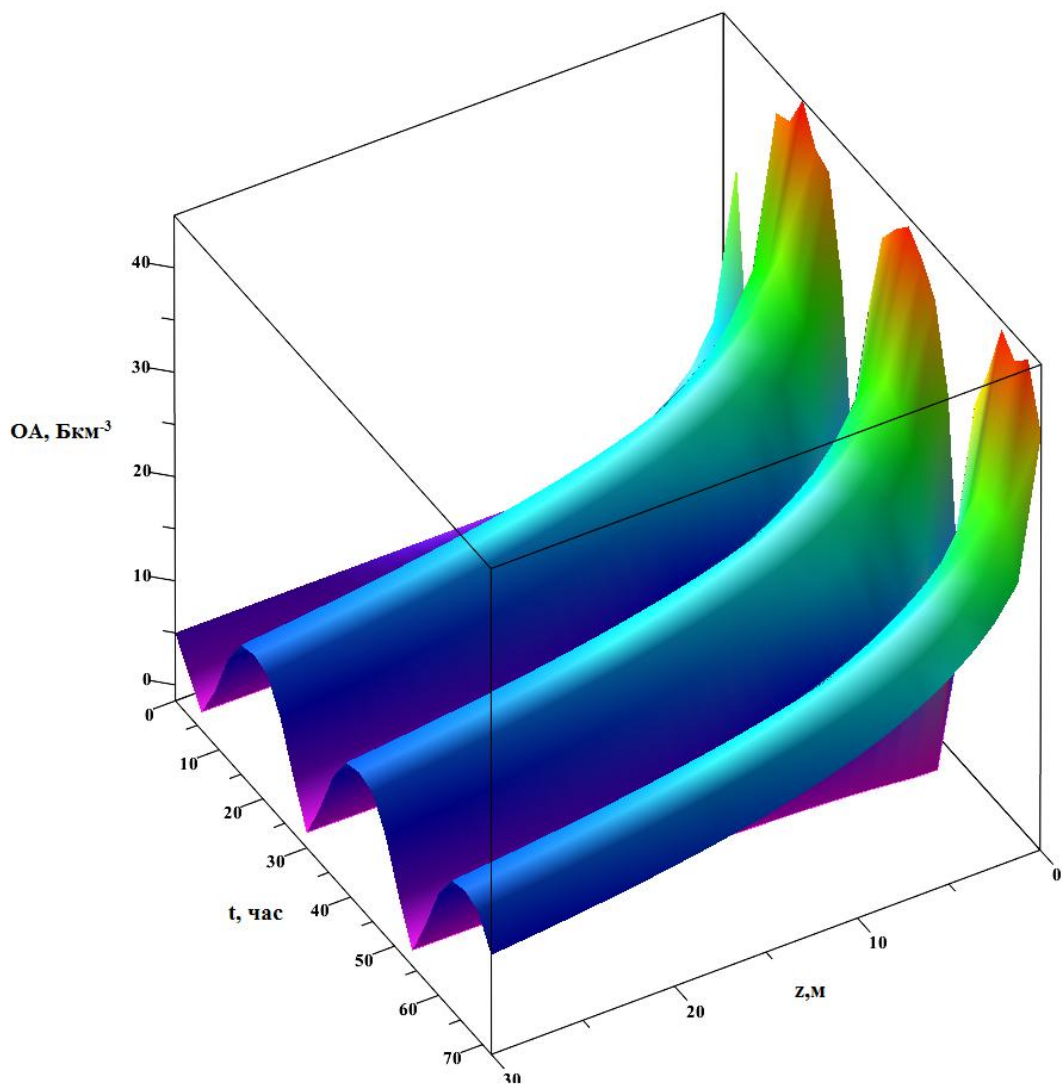


Рисунок 37 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=(1-\sin(\omega \cdot t)) \cdot z \cdot 0.5, \text{ Bкm}^{-3}$

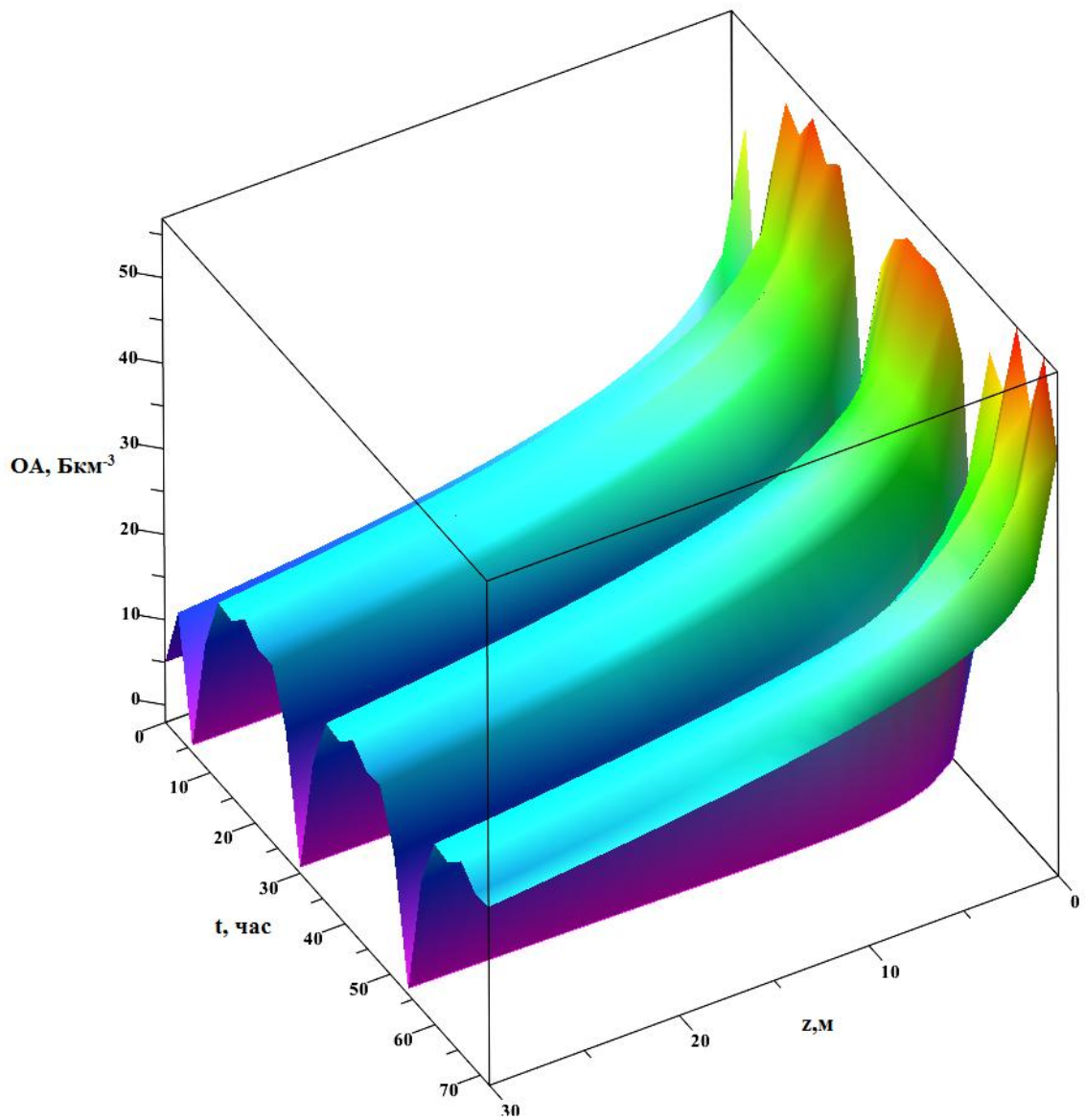


Рисунок 38 – Модель вертикального распределение OA Rn^{222} при $Dt = (1 - \sin(\omega \cdot t)) \cdot z \cdot 5, \text{ BкM}^{-3}$

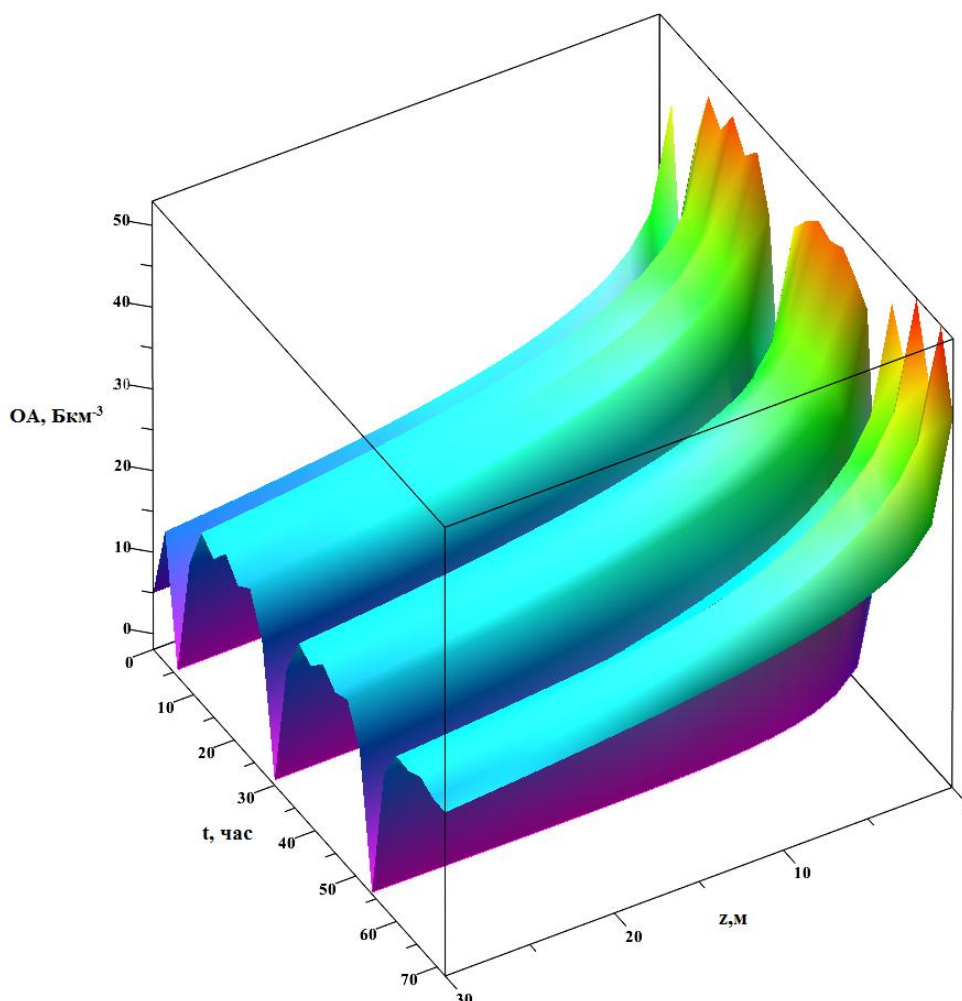


Рисунок 39 – Модель вертикального распределения ОА Rn^{222} при $Dt=(1-\sin(\omega \cdot t)) \cdot z \cdot 10, \text{ Бкм}^{-3}$

При данных значениях функции турбулентной диффузии случае наблюдается похожая зависимость ОА от времени, полученной в ходе эксперимента.

При увеличении высоты ОА уменьшается, что противоречит экспериментальным данным.

При увеличении коэффициента турбулентной диффузии наблюдается экспоненциальная зависимость ОА от высоты.

Ни одна из рассмотренных выше функций, не позволяет описать связь ОА с высотой полученной в ходе эксперимента. При анализе экспериментальных данных, было отмечено, что расхождение в значениях,

происходило при увеличении скорости ветра. Однако в классической модели отсутствует учет данного метеорологического параметра.

4.2 Описание модифицированной модели

Для модификации традиционной модели было решено добавить еще один параметр, скорость ветра. Тогда полученная модель примет вид

$$\frac{\delta A}{\delta t} = \nabla(D_M + D_t)\nabla A - \nabla \vec{v}_w A - \lambda A, \quad (4.5)$$

где $v_w(z,t)$ – функции вертикальной составляющей скорости ветра, м/с

Для одномерного случая модель примет вид

$$\frac{\delta A(z,t)}{\delta t} = \frac{\partial}{\partial z}(D_M + D_t(z,t)\frac{\partial A(z,t)}{\partial z}) - \frac{\partial}{\partial z}(\vec{v}_w(z,t)A(z,t)) - \lambda A(z,t), \quad (4.6)$$

Систему уравнений нужно решить с начальным условием $A(z,0)=5$, и краевыми условиями

$$(D_M + D_t(z,t)\frac{\partial A(z,t)}{\partial z})\Big|_{z=0} - (\vec{v}_w(z,t)A(z,t))\Big|_{z=0} = q(t), \quad (4.7)$$

$$A(z,t) \rightarrow 0, z \rightarrow 10^6, \quad (4.8)$$

Для моделирования были взяты следующие значения параметров представленных в таблице 4.2

Таблица 4.2- Значение параметров моделирования

	Радон
$D_m, \text{ м}^2/\text{с}$	$1.2 \cdot 10^{-5}$
$q, \text{ мБк м}^{-1} \text{ с}^{-1}$	10-100
$D_t, \text{ м}^2/\text{с}$	$0,01-10 / K(1-\sin\omega t)z,$ $K=0,15-5$
$\omega, \text{ с}^{-1}$	$7,2921 \cdot 10^{-5}$

$\lambda, \text{с}^{-1}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
$v_w, \text{м/с}$	$ 0,001-0,01 $

При отрицательных значениях v_w – скорость ветра направлена к поверхности земли, при положительных значениях вверх от поверхности.

4.2.1 Моделирование при положительных значениях скорости ветра

Следует рассмотреть функцию $Dt=(1-\sin(\omega \cdot t)) \cdot z \cdot 5$, так значения ОА на высоте один метр более всего сходились с экспериментальными данными. Интервал времени 72 часа. Интервал высоты 30 метров. Значение ППР примем равным $10 \text{мБкм}^2 \text{с}^{-1}$. Для скорости возьмем значения равные: 0,001; 0,005; 0,01. Результаты моделирования представлены на рисунке 40,41,42 соответственно

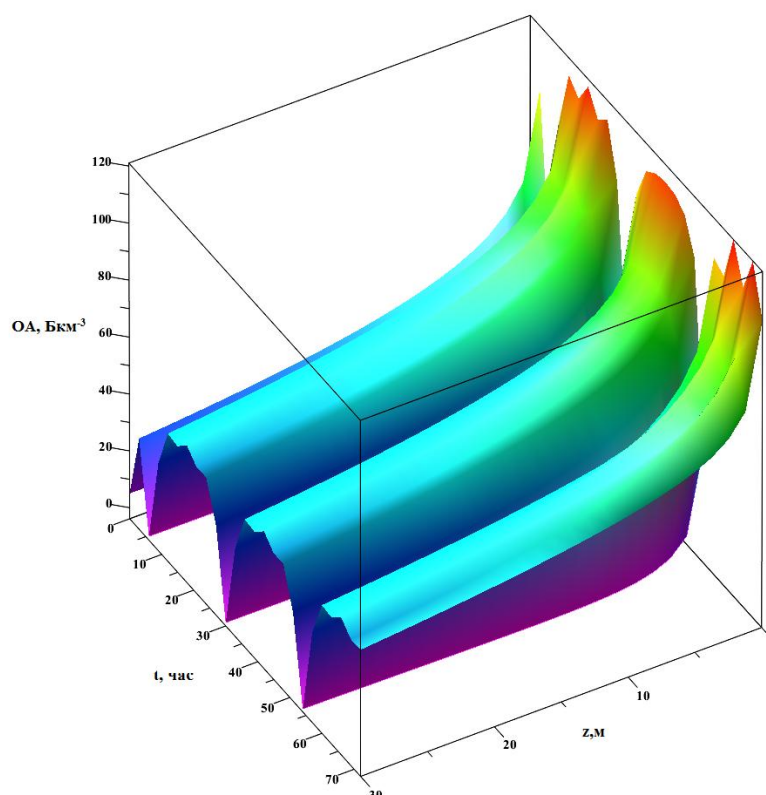


Рисунок 40 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=(1-\sin(\omega \cdot t)) \cdot z \cdot 5$ и скорости $v=0,001, \text{Бкм}^{-3}$

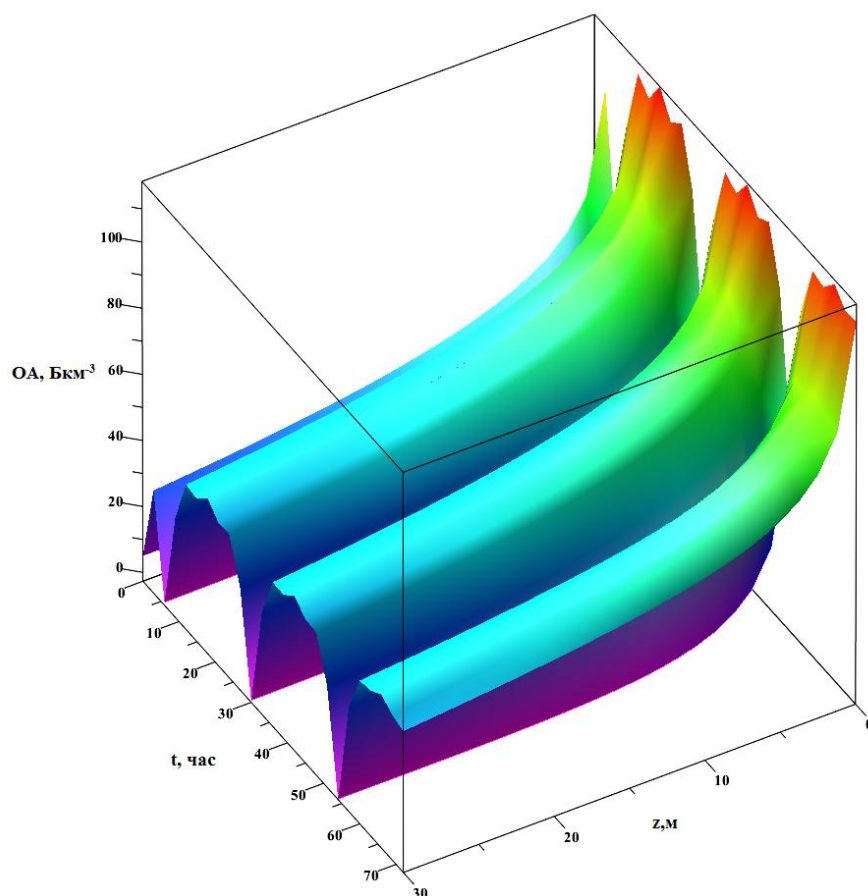


Рисунок 41 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=(1-\sin(\omega \cdot t)) \cdot z \cdot 5$ и скорости $v=0,005$, Бкм⁻³

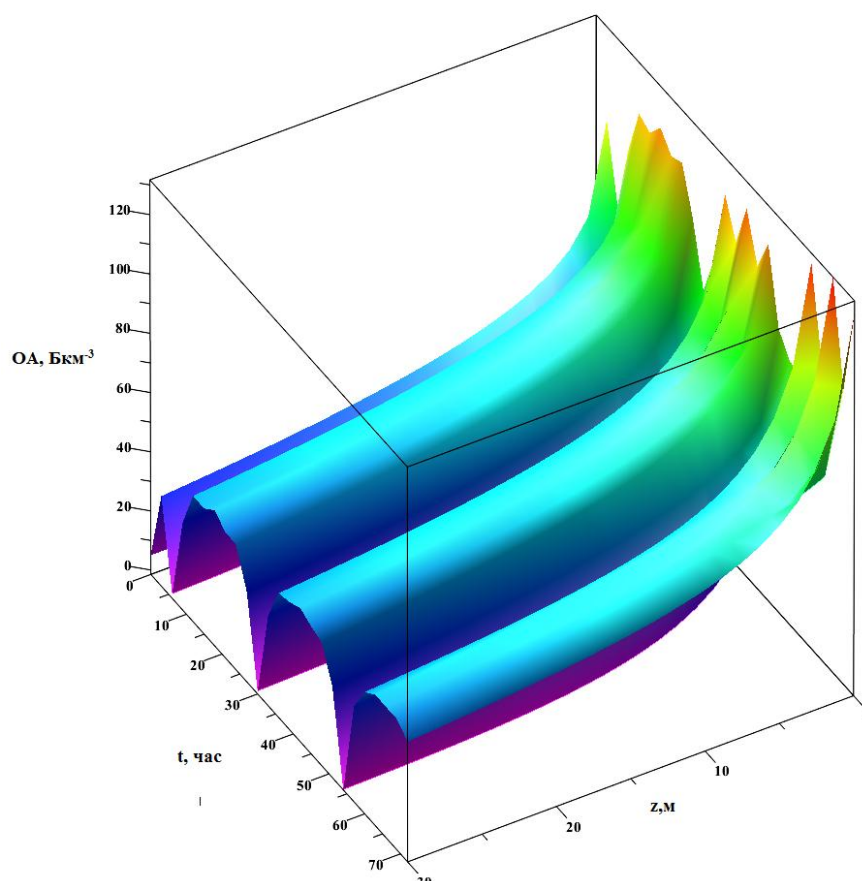


Рисунок 42 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=(1-\sin(\omega \cdot t)) \cdot z \cdot 5$ и скорости $v=0,005$, $Bq \cdot m^{-3}$

При данном значении функции турбулентной диффузии наблюдается похожая зависимость ОА от времени, полученной в ходе эксперимента.

При увеличении высоты ОА уменьшается, что противоречит экспериментальным данным. Также наблюдается экспоненциальная зависимость ОА от высоты.

При увеличении скорости увеличивается ОА. Однако можно заметить, что разброс между значениями ОА на высоте 1 и 25 метров не превышает $15 Bq \cdot m^{-3}$. Отсюда можно сделать вывод, что с помощью данной модели можно описать экспериментальную зависимость в июле месяце.

4.2.2 Моделирование при отрицательных значениях скорости ветра

Сохраняется функция $Dt=(1-\sin(\omega \cdot t)) \cdot z \cdot 5$. Интервал времени 72 часа. Интервал высоты 30 метров. Значение ППР примем равным $10 \text{ мБкм}^2 \text{ с}^{-1}$. Для скорости возьмем значения равные: -0,001; -0,005; -0,01. Результаты моделирования представлены на рисунке 43,44,45 соответственно

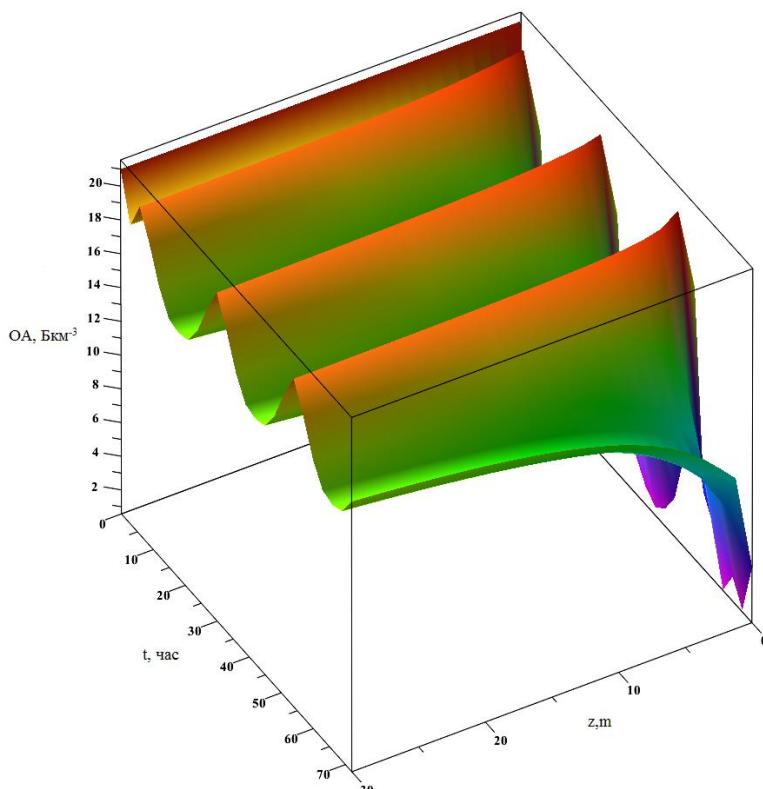


Рисунок 43 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=(1-\sin(\omega \cdot t)) \cdot z \cdot 5$ и скорости $v= - 0,001, \text{ Бкм}^{-3}$

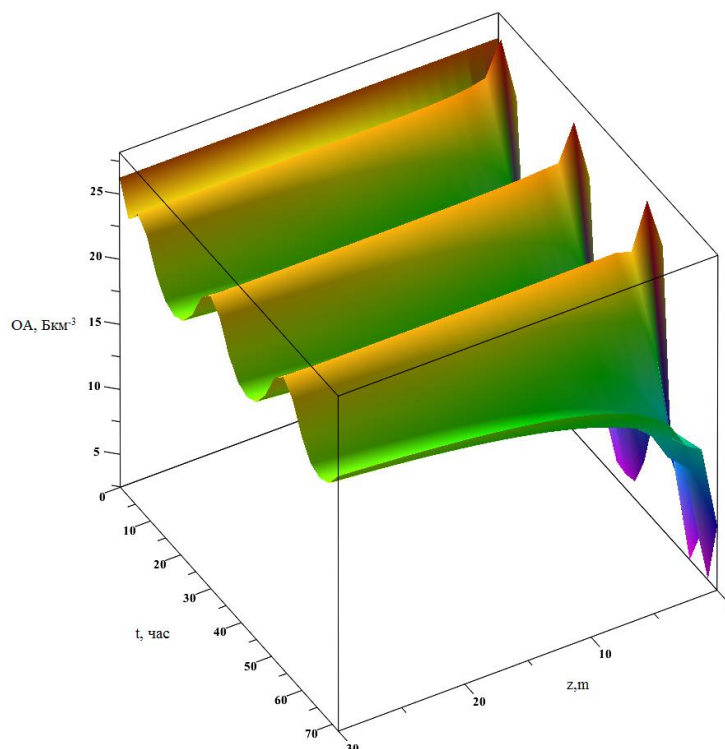


Рисунок 44 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=(1-\sin(\omega \cdot t)) \cdot z \cdot 5$ и скорости $v= - 0,005$, $Bq\ m^{-3}$

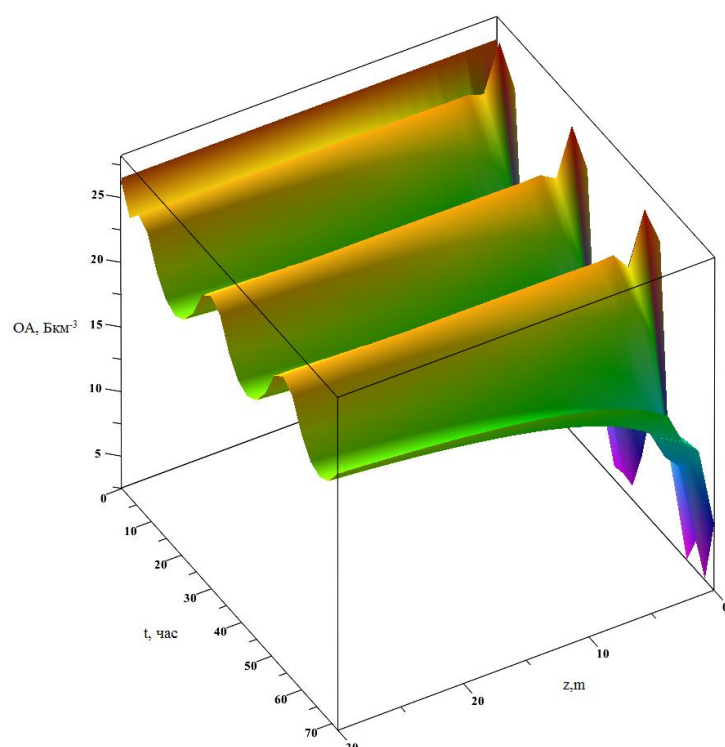


Рисунок 45 – Модель вертикального распределение ОА Rn^{222} при $Dt=(1-\sin(\omega \cdot t)) \cdot z \cdot 5$ и скорости $v= - 0,01$, $Bq\ m^{-3}$

Для более детального анализа рассмотрим проекцию модели представленной на рисунке 45 в осях OA и z. Проекция изображена на рисунке 46.

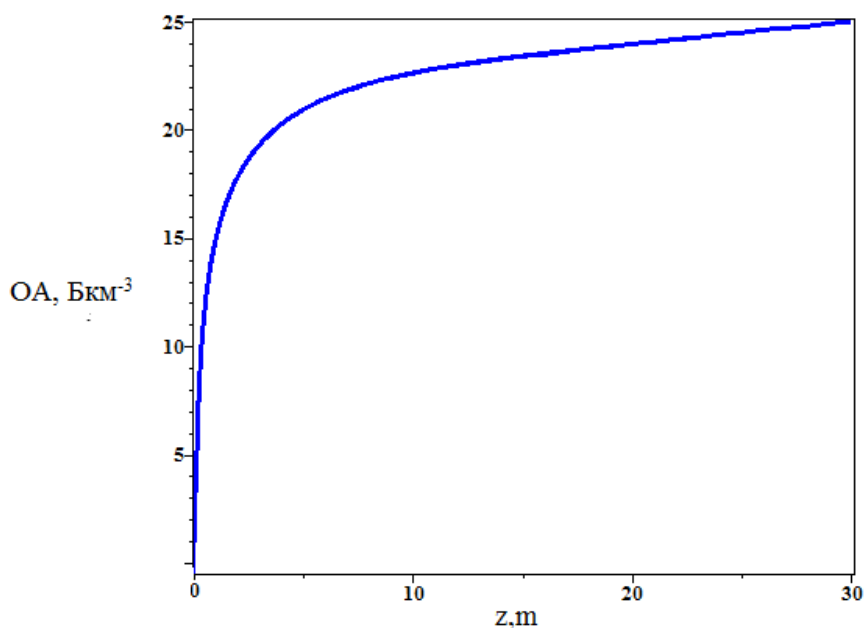


Рисунок 46 – Проекция модели вертикального распределение OA Rn²²² при $Dt=(1-\sin(\omega \cdot t)) \cdot z \cdot 5$ и скорости $v = -0,01$, Bkm⁻³

При данном значении функции турбулентной диффузии наблюдается похожая зависимость OA от времени, полученной в ходе эксперимента.

При увеличении высоты OA увеличивается, что подтверждает экспериментальные данные, полученные в октябре.

При увеличении скорости увеличивается OA. Однако можно заметить, что разброс между значениями OA на высоте 1 и 25 метров составляет не более 10 мBkm⁻³. Что подтверждает полученные нами экспериментальные данные.

4.3 Заключение по главе 4

Изменение коэффициента турбулентности атмосферы сильно изменяет профиль объемной активности радона особенно у земной поверхности.

Экспериментально было установлено, что лучшая сходимость с реальными измерениями была получена при коэффициенте турбулентной диффузии как функции от высоты, и от времени.

При моделировании с помощью традиционной модели не было выявлено сходимости с экспериментальными данными. Сделан вывод, что традиционная модель не описывает реальные результаты исследований

При моделировании с помощью модифицированной модели была выявлена хорошая зависимость с экспериментальными данными. Сделан вывод, что при моделирование вертикальной составляющей ОА радона необходимо учитывать скорость ветра.

Глава 5. Социальная ответственность

Для решения проблем связанных с профессиональной заболеваемостью и производственным травматизмом необходимо повсеместно внедрять комплексные системы управления охраны труда, которые заключаются в объединении отдельных, разрозненных друг от друга мероприятий в единую систему, определяющую перечень целенаправленных действий необходимых для улучшения всей профилактической работы направленной на предупреждение и устранение вышеуказанных проблем.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда [4].

Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками.

Опасным производственным фактором, согласно [4], называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

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

5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, представленными в таблице 14. Они классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические.

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

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа на ПЭВМ, Отделение ЯТЦ НИ ТПУ	–	Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	Воздействие радиации (ВЧ,УВЧ,СВЧ и так далее)	–	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
	–	Пожарная безопасность	Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность

На бакалавра, работа которого связана с моделированием на компьютере, воздействуют следующие факторы:

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

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

труда, эмоциональные перегрузки).

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

5.2.1 Организационные мероприятия

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

Проверка знаний правил техники безопасности сотрудником проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Впоследствии сотруднику присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальная удостоверение.

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

5.2.2 Технические мероприятия

Для рациональной организации рабочего места необходимо наличие порядка, постоянства нахождения предметов, документов и средств труда. Предметы, которые используются для выполнения различных работ должны находиться в области легкой досягаемости рабочего пространства, что показано на рисунке 47.

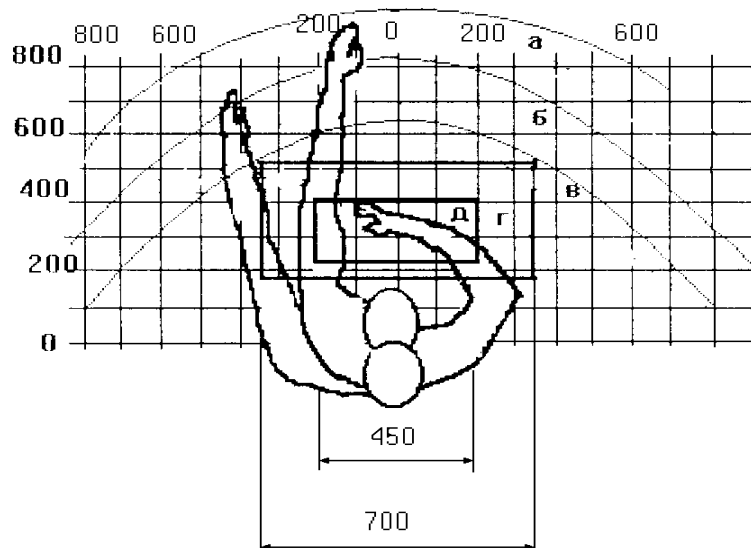


Рисунок 47 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а - зона максимальной досягаемости рук; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук:

- дисплей размещается в зоне а (в центре);
- клавиатура – в зоне г/д;
- системный блок размещается в зоне б (слева);
- принтер находится в зоне а (справа);
- литература и документация, необходимая при работе размещается в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева);
- литература, не используемая постоянно размещается в выдвижных ящиках стола.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования.

Высота рабочей поверхности стола должна составлять 680-800 мм. Если рабочая поверхность стола имеет компьютерную клавиатуру, её высота

должна составлять 650 мм. Сам рабочий стол в ширину должен быть не менее 700мм и в длину не менее 1400 мм. Так же необходимо наличие пространства под ноги, высота которого должна быть не менее 600 мм, а ширина – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не меньше, чем 450 мм, а на уровень вытянутых ног – не менее 650 мм.

Необходимо наличие рабочего кресла типа подъёмно-поворотное с возможностью регулирования по высоте и углами наклона сиденья и спинки, а так же расстояния спинки до переднего края сиденья. Рекомендуемая высота сиденья относительно уровня пола составляет 420-550 мм. По конструкции кресло должно иметь не менее 400 мм ширины и глубины поверхности сиденья, а поверхность сиденья должна иметь заглубленный передний край.

Уровень глаз оператора компьютера должен располагаться на расстоянии 500-600 мм от монитора, при чем по нормам угол наблюдения в горизонтальной плоскости к нормали экрана монитора не должен превышать 45°, а наилучшим углом считается 30 °. Так же необходимо, чтобы была возможность выбора уровня контрастности и яркости изображения экрана.

Необходимо наличие возможности регулирования экрана:

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

Клавиатура должна располагаться на столе на расстоянии 100-300 мм от его края, а нормальным размещением клавиатуры является уровень локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15°. Клавиатура в которой клавиши имеют четырёхугольную форму с закруглёнными углами и вогнутую поверхность более удобна для работы. Конструкция клавиатуры должна обеспечивать ощущение щелчка при нажатии на её клавиши. Необходимо, чтобы цвет клавиш значительно отличался от цвета панели.

Если умственная работа однообразна, требует сильного нервного напряжения и сосредоточения, то необходимо выбирать оттенки, которые не отвлекают и не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). Для работы, где требуется интенсивная и умственная напряженность, нужно брать оттенки теплых тонов, так как они возбуждают активность человека.

5.2.3 Условия безопасной работы

Различные шумы, вибрации, электромагнитные поля, излучения, уровень освещенности и микроклимат являются основными параметрами, которыми можно характеризовать условия труда.

Микроклимат в производственных помещениях можно описать по температуре, относительной влажности воздуха, скорости движения воздуха.

Оптимальные и допустимые значения характеристики микроклимата приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

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

В производственных помещениях необходимо проводить мероприятия, направленные на оздоровление воздушной среды. Как таким мероприятиями относится правильная организация вентиляции, кондиционирования воздуха, отопление помещений. Существует два способа осуществления вентиляции помещений: естественный и механический. Если помещение имеет объем до 20 м³ на человека и не менее 30 м³ в час на человека или если объём помещения более 40 м³ на человека и отсутствуют

выделения вредных веществ, то допускается естественная вентиляция воздуха.

Система отвечающая за отопление обязана обеспечивать равномерное и постоянное нагревание воздуха помещения в достаточной степени. Если в помещении повышенные требования к чистоте воздуха, то необходимо использовать водяное отопление.

Регулирование параметров микроклимата на рабочем месте достигается при помощи системы центрального отопления. Наиболее оптимальные параметры: влажность – 40 %, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом – 20-25 °С, зимой – 13-15 °С. На рабочем месте имеет место естественная циркуляция, так как воздух поступает и уходит через окна, двери и другие отверстия. Недостаток такой вентиляции заключается в том, что воздух попадает в помещение без предварительного нагревания и очистки.

Условия труда ухудшаются при наличии шумов и вибраций, так как они оказывают вредное действие на человеческий организм: на органы слуха и на весь организм посредством центральной нервной системы. Как результат, у человека ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция и, как следствие, увеличивается число ошибок в работе. Шум может появляться за счет работающего оборудования, кондиционерами воздуха, приборами, предназначенными для освещения, а так же попадать в помещение из вне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видео-кабеля. Согласно [13] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

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

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- 250 нТл в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц;
- 25 нТл в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц.
- 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 [14] конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более 100 мкР/час.

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

5.2.4 Электробезопасность

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %), высокой температуры (более 35 °С) [15], наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами. Существует опасность поражения электрическим током в следующих случаях:

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

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

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

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

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

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

- Параметров электрического тока, протекающего через тело человека (величины напряжения, частоты, рода тока, приложенного к телу);
- Пути тока через тело человека (рука-рука, рука-нога, нога-нога, шея-ноги и др.);

- Продолжительности воздействия тока через тело человека; • Условий внешней среды (влажности и температуры);
- Состояния организма человека (толщины и влажности кожного покрова, состояния здоровья и возраста);
- Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:
- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы;
- вывешивание плакатов, указывающих место работы, заземление корпусов всех установок через нулевой провод;
- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией;
- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заключение в корпуса электропоражающих элементов, заключение в корпус токоведущих частей)

5.2.5 Пожарная и взрывная безопасность

Вещества, которые используются в производстве, имеют различные характеристики. Исходя из этих характеристик и количества веществ помещения разделяют на категории, которые определяют пожарную и взрывную опасность помещения. Определены следующие категории: А, Б, В, Г, Д. Помещение, в котором производилась работа с ЭВМ для проведения исследования относится к категории В, иными словами к помещениям, в которых находятся твердые сгорающие вещества. Поэтому есть необходимость рассмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможны различные причины возгорания:

- токоведущие части установок имеют неисправности;
- происходит работа при открытой электроаппаратуре;

- наличие коротких замыканий в блоке питания;
- несоблюдаются правила пожарной безопасности;
- в помещении есть хорошо горючие элементы: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия, необходимые для проведения пожарной профилактики, 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 [16].

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 негорючих или трудно сгораемых материалов;
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);

- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

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

Глава 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В данной работе была определена зависимость ОА радона и торона от турбулентности атмосферы. Заинтересованность в проекте могут проявить различные организации, занимающиеся геодинамикой, а также оперативные радиологические службы. Исследуя рынок потенциальных потребителей, можно выделить ряд предприятий, которым потенциально интересны результаты исследований

–Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Москва;

–ФГУП Аварийно-технический центр Минатома России;

–Сибирская Геологическая Ассоциация, Новосибирск;

–Томский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Томск

Таблица 6 – Карта сегментирования рынка услуг

		Организация		
		Радиологические службы	Геодинамические организации	Научно-исследовательские институты
Область применения	Результат научно-исследовательской работы			

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot b_i, \quad (6.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

b_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) представлена в таблице 6.1. В качестве конкурентных решений были выбраны различные методы для моделирования ОА радона и торона и измерение ОА напрямую с помощью прибора: моделирование с помощью

классической модели (Кф) и моделирование с помощью box-model(K1) и измерение радиометрами радона(K2).

Таблица 6.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

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. Удобство использования метода	0,17	5	4	2	0,85	0,68	0,34
2. Надежность полученных данных	0,2	4	4	3	0,8	0,8	0,6
3. Наличие дорогостоящего оборудования	0,1	4	3	2	0,4	0,3	0,2
4. Удобство в эксплуатации	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
5. Энерго-экономичность	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность методики	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
2. Стоимость материалов	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
3. Финансирование научной разработки	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
Итого	1	–	–	–	4,47	4	2,78

Можно сделать вывод, что основные конкурентные преимущества представляемой в данной работе разработки заключается в удобстве использования метода, низкой стоимости. Разрабатываемая методика способна составить реальную конкуренцию на рынке.

6.1.3 SWOT-анализ

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

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество и точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован.

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

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

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может

выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

SWOT-анализ исследовательского проекта в рамках данной работы представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Достоверность полученных данных;</p> <p>С2. Оптимальное соотношение простоты и эффективности методики.</p> <p>С3. Относительная простота обработки результатов;</p> <p>С4. Расширение границ применимости;</p> <p>С5. Невысокая стоимость проведения моделирования.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Дополнительные математические расчеты;</p> <p>Сл2. Погрешность измерения;</p> <p>Сл3. Отсутствие учета влияния погодных и сезонных условий</p>

Продолжение таблицы 6.2

<p>Возможности:</p> <p>В1. Развитие сейсмологии расширит рынок, что повысит интерес к данной методике;</p> <p>В2. Сотрудничество с научно-исследовательскими институтами занимающимися мониторингом ОА Rn и Tn в воздухе;</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</p> <p>1. Эффективность метода дает возможность установить сотрудничество с рядом новых организаций.</p> <p>2. Автоматизация мониторинга и упрощение получения результатов.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p> <p>1. Усовершенствование методики приведет снижению погрешности измерения.</p> <p>2. Необходимость дополнительных расчетов приводит к низкой оперативности метода.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Высокая конкуренция из-за модернизации других методов.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»</p> <p>1. Относительно низкая цена проведения моделирования делает метод привлекательным для научно-исследовательских институтов и финансирования.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»</p> <p>1. Риск возникновения непредвиденных обстоятельств, которые могут сорвать мониторинг. Необходимо тщательно следить за установленным оборудованием</p>

Для выявления степени необходимости проведения стратегических изменений была построена интерактивная матрица, представленная в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Интерактивная матрица

Сильные стороны научно – исследовательского проекта				
Возможности		C1	C2	C3
	B1	+	+	+
	B2	+	+	-

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

6.2 Планирование научно-исследовательской работы

6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Представленная дипломная работа носит научно-исследовательский характер. Экономическая часть настоящей работы включает в себя рассмотрение комплекса предполагаемых работ, планирование которых осуществляется в следующем порядке:

- планирование работы;
- определение структуры работы в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований была сформирована рабочая группа, в состав которой входит научный руководитель и дипломник.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный	1	Составление и утверждение научного задания	Бакалавр, Руководитель
	2	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
Исследование и анализ предметной области	3	Анализ исходных данных	Бакалавр
	4	Выбор метода выполнения работы	Бакалавр, Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Применение выбранного метода к данным	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ результатов работы	Бакалавр
	8	Определение целесообразности проведения НИР	Бакалавр, Руководитель
	9	Составление пояснительной записке к ВКР.	Бакалавр
	10	Оформление пояснительной записки к ВКР по ГОСТу	Бакалавр

6.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{minі} + 2t_{maxі}}{5}, \quad (6.2)$$

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

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

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

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

$$T_p = \frac{t_{ожі}}{C_t}, \quad (6.3)$$

где T_p – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы чел. –дн.;

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

6.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (6.4)$$

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

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

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

Расчёт коэффициента календарности производится по следующей формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (6.5)$$

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

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

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,47.$$

Таблица 6.5 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	Продолжительность работ			Исполнители	t_{pi} , чел-дни	t_{ki} , чел-дни
	t_{mini} , чел-дни	t_{maxi} , чел-дни	$t_{ожi}$, чел-дни			
1	1	3	2	Бакалавр, Руководитель	1	1
2	14	18	16	Бакалавр	16	23
3	7	12	9	Бакалавр	9	13
4	3	6	4	Бакалавр, Руководитель	2	3
5	2	5	3	Бакалавр	3	4
6	10	16	12	Бакалавр	12	17
7	5	7	6	Бакалавр	6	9
8	3	5	4	Бакалавр, Руководитель	2	3
9	5	11	7	Бакалавр	7	10
10	4	7	5	Бакалавр	5	7

Календарный план-график проведения НИОКР представлен в таблице 6.6

Таблица 6.6 – Календарный план-график проведения НИОКР

№ работы	Наименование работы	Исполнители	t_{ki} , дни	Продолжительность выполнения работ, дни.											
				Март			Апрель			Май					
				1	23	13	3	4	17	9	3	10	7		
1	Составление и утверждение ТЗ	Б, Р	1												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Б	23												
3	Анализ исходных данных	Б	13												
4	Выбор метода выполнения работы	Б, Р	3												

Продолжение таблицы 6.6

5	Календарное планирование работ по теме	Б	4										
6	Применение выбранного метода к данным	Б	17										
7	Анализ результатов работы	Б	9										
8	Определение целесообразности проведения НИР	Б, Р	3										
9	Составление пояснительной записки ВКР	Б	10										
10	Оформление пояснительной записки к ВКР	Б	7										

 – Бакалавр

 – Руководитель

6.2.4 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;
- затраты на специальное оборудование для научных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- накладные расходы.

6.2.5 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (6.6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Источник финансов в данной работе студент.

Основные работы для ВКР проводились за персональным компьютером (ноутбуком) в комнате жилого дома. Время, проведенное работой у компьютера, примем равным 900 часам. Мощность ноутбука: 0,45 кВт.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C = C_{\text{эл}} \cdot P \cdot F_{\text{об}} = 3,25 \cdot 0,45 \cdot 900 = 1316,25. \quad (6.7)$$

где $C_{\text{эл}}$ – тариф на промышленную электроэнергию (3,25 руб. за 1 кВт·ч);

P – мощность оборудования, кВт;

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

Затраты на электроэнергию составили 1316,25 рублей. Так как методом выполнения работы является компьютерное моделирование, данные затраты являются всеми материальными затратами.

6.2.6 Расчёт затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ)

В данную статью включаются все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме.

В данной исследовательской работе к спецоборудованию, необходимому для проведения экспериментальных работ, относится ПЭВМ.

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{аморт}} = C_{\text{об}} / T, \quad (6.8)$$

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

T – срок службы (дней).

$$C_{\text{аморт}} = (45000 / 1095) = 41,1 \text{ руб/дн.}$$

Оборудование использовалось в течение 38 дней, таким образом, затраты на оборудование:

$$C_{\text{аморт(общ)}} = 41,1 \cdot 38 = 1561,64 \text{ руб.}$$

6.2.7 Основная заработная плата исполнителей темы

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 в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (6.9)$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (6.10)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}}}{F_{\text{д}}}, \quad (6.11)$$

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

$F_{\text{д}}$ – количество рабочих дней в месяце.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d)k_p, \quad (6.12)$$

где Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 28% от Z_{tc});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15–20 % от Z_{tc});

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 г.Томск.

Руководителем данной научно-исследовательской работы является сотрудник с должностью профессор. Оклад доцента составляет 36800 рублей.

Ниже приведен расчет заработной платы для руководителя:

$$Z_m = 36800 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 70803,2 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{он} = \frac{70803,2}{21} = 3372 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата:

$$Z_{осн} = 3372 \cdot 7 = 23601 \text{ руб.}$$

6.2.8 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.

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (6.13)$$

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

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

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

Результаты расчёта основной и дополнительной заработной платы исполнителей научного исследования представлены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Заработная плата исполнителей исследовательской работы

Заработная плата, руб.	Руководитель	Бакалавр
Основная зарплата	23601	2410,20
Дополнительная зарплата	3540	361,53
Зарплата исполнителя	27141	2771,73
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	29912,73	

6.2.9 Отчисления во внебюджетные фонды

Размер отчислений во внебюджетные фонды составляет 30,2 % от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением исследовательской работы.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (6.14)$$

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды для руководителя составляет:

$$C_{\text{внеб}} = 0,28 \cdot (23601 + 3540) = 8196,58 \text{ руб.}$$

Все отчислений во внебюджетные фонды представлены в таблице 6.8.

Таблица 6.8 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная ЗП, руб	Дополнительная ЗП, руб
Руководитель	23601	3540
Бакалавр	2410,20	361,53
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	-
ИТОГО	8196,58	

6.2.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	29912,73
2. Отчисления во внебюджетные фонды	8196,58
3. Материальных затраты НТИ	1316,25
4. Затрат на специальное оборудование	1561,64
Бюджет затрат НТИ	40987,2

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

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (6.15)$$

где $I^{\text{исп.}i}$ – 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:

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{40987,2}{40987,2} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (6.16)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы.

Таблица 6.10– Оценка характеристик исполнения проекта

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

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

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{финр.1}}, I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп.2}}{I_{финр.2}}, \text{ и т.д.} \quad (6.17)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (Эср):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}}, \quad (6.18)$$

Таблица 6.11 – Эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Оценка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,13
3	Интегральный показатель эффективности	0,24

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

Заключение

Изменение коэффициента турбулентности атмосферы сильно изменяет профиль объемной активности радона особенно у земной поверхности.

Экспериментально было установлено, что на высотах 1 и 25 ОА радона уменьшается с высотой в летний период времени. В осенний период ОА на высоте 1 и 25 м практически равны, однако на некоторых участках, ОА больше на высоте 25.

Экспериментально было установлено, что лучшая сходимость с реальными измерениями была получена при коэффициенте турбулентной диффузии как функции от высоты, и от времени.

При моделировании с помощью традиционной модели не было выявлено сходимости с экспериментальными данными. Сделан вывод, что традиционная модель не описывает реальные результаты исследований

При моделировании с помощью модифицированной модели была выявлена хорошая зависимость с экспериментальными данными. Сделан вывод, что при моделирование вертикальной составляющей ОА радона необходимо учитывать скорость ветра.

В июле скорость ветра направлена вверх от поверхности. В октябре наблюдается обратная ситуация.

В разделе Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение организована работа по научно-исследовательскому проекту, определен план выполнения научно-исследовательской работ с составлением календарного план-графика и перечня этапов, работ и распределение исполнителей. Показана высокая конкурентоспособность проекта. Рассчитан бюджет, необходимый для данного научно-технического исследования, который составляет 40987 рублей.

В разделе социальной ответственности ознакомились с аспектами безопасности на рабочем месте при использовании персонального компьютера.

Список литературы

1. Zahorowski, W., Chambers, S.D., Henderson-Sellers, A., 2004. Ground based radon-222 observations and their application to atmospheric studies. *J. Environ. Radioact.* 76,3–33. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2004.03.033>.
2. Рудаков В. П. Динамика полей подпочвенного радона сейсмоактивных регионов СНГ: Автореф. доктор. дис. М. 1992. 56 с
3. Леонова А.В. Основы гидрогеологии и инженерной геологии: учебное пособие / сост.: А.В. Леонова; Томский политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 149 с.
4. Фирстов П.П., Пономарев Е.А, Чернева Н.В., Бузевич А.В. Подпочвенный радон и градиент потенциала атмосферного электрического поля в районе ПетропавловскКамчатского геодинамического полигона в 1998-2005 г.г. (Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Серия науки о Земле, 2006. № 1. (вып.7.). С. 102-109.
5. Краткая географическая энциклопедия, Том 4 / под ред. Григорьев А.А. М.: Советская энциклопедия, 1964. – 448 с.
6. Dafina Kikaj, Scott D. Chambers, Janja Vaupotič Radon-based atmospheric stability classification in contrasting sub-Alpine and sub-Mediterranean environments, *Journal of Environmental Radioactivity*, Volume 203, 2019, Pages 125-134, ISSN 0265-931X, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.03.010>.
7. K Charan Kumar, T Rajendra Prasad, M Venkat Ratnam, Kamsali Nagaraja Activity of radon (^{222}Rn) in the lower atmospheric surface layer of a typical rural site in south India//
8. Chen, Xuemeng & Paatero, Jussi & Kerminen, Veli-Matti & Riuttanen, Laura & Hatakka, J & Hiltunen, V & Paasonen, Pauli & Hirsikko, A & Franchin, Alessandro & Manninen, H.E. & Petäjä, T & Viisanen, Y & Kulmala,

M. (2016). Responses of the atmospheric concentration of radon-222 to the vertical mixing and spatial transportation. 21. 299-318.

9. Factors controlling temporal variability of near-ground atmospheric ²²²Rn concentration over central Europe M. Zimnoch, P. Wach, L. Chmura, Z. Gorczyca, K. Rozanski, J. Godłowska, J. Mazur, K. Kozak, and A. Jeričević

10. Bu, J.-O & Song, J.-M & Kim, W.-H & Kang, C.-H & Song, S.-K & Williams, Alastair & Chambers, Scott. (2017). Temporal variation of atmospheric Radon-222 and gaseous pollutants in background area of Korea during 2013-2014. Asian Journal of Atmospheric Environment. 11. 114-121. 10.5572/ajae.2017.11.2.114.

11. Mohery, M & M Abdallah, A & Ali, A & S Baz, S. (2016). Daily variation of radon gas and its short-lived progeny concentration near ground level and estimation of aerosol residence time. Chinese Physics B. 25. 050701. 10.1088/1674-1056/25/5/050701.

12. R. Vecchi, F.A. Piziali, G. Valli, M. Favaron, V. Bernardoni Radon-based estimates of equivalent mixing layer heights: A long-term assessment, Atmospheric Environment, Volume 197, 2019, Pages 150-158, ISSN 1352-2310, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.10.020>.

13. Об основах охраны труда в Российской Федерации: Федеральный закон от 17 июля 1999 № 181 – ФЗ // Российская газ. – 1999 – 24.07. – С.4.

14. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы» [Текст]. – Взамен СанПиН 2.2.2.542-96; введ. 2003-06-30. М : Российская газета, 2003. С.3.;

15. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность [Текст]. – Введ. 1983-01-07. М.: Издательство стандартов. 1988. С.2.;

16. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Текст]. – Взамен СНиП 2.01.02-85; введ. 1998-01-01. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП. 1999. С.6.

17. Кукин П.П., Лапин В.Л. Безопасность технологических процессов и производств: учеб. пособие. М., Высшая школа. 1999. С.318;

18. Дневник погоды // Гисметео. [2018—2018]. Дата обновления: 05.06.2018. URL: <https://www.gismeteo.ru/diary/4652/> (дата обращения: 05.05.2019)