

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
Особенности динамика радона в воздухе

УДК 539.16.074

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Якунин Геннадий Валерьевич		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН	Меньшикова Е.В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

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

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

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

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 14.03.02 Ядерная физика и технологии
Отделение школы

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ 23.04.2018 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
0А4А	Якунин Геннадий Валерьевич

Тема работы:

Особенности динамики радона в воздухе	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 28.05.2018 № 3817/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ol style="list-style-type: none">1. Исходные данные мониторинга ОА радона, торона и ЭРОА, и плотности потока альфа- и бета-излучения за 2017 и 2018 гг.2. Данные мониторинга метеорологических величин.3. Методики измерения плотности потока радона.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1. Проведение обзора литературы по теме исследования.2. Получение результатов радиационного мониторинга.3. Регрессионный и корреляционный анализ между радиационными и метеорологическими величинами.4. Анализ полученных результатов.5. Финансовый менеджмент.6. Социальная ответственность.7. Выводы и заключение.

Перечень графического материала	нет
--	-----

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

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

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:

Введение
Обзор литературы
Расчетная часть
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
Социальная ответственность

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Якунин Геннадий Валерьевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А4А	Якунин Геннадий Валерьевич

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Бакалавриат	Радиационная безопасность окружающей среды	14.03.02 Ядерные физика и технологии

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i></p> <p>2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i></p> <p>3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i></p>	<p>Сравнение конкурентных технических решений</p> <p>– SWOT-анализа; – Планирование научно-исследовательских работ; – Разработка графика проведения научного исследования (диаграмма Ганта).</p> <p>Бюджет научно – технического исследования: – расчет материальных затрат; – расчет основной и дополнительной; – заработной платы исполнителей темы; – отчисления на социальные нужды; – накладные расходы; – формирование бюджета затрат.</p>
--	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *«Портрет» потребителя результатов НТИ*
2. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
3. *Матрица SWOT*
4. *График проведения и бюджет НТИ*

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН	Меньшикова Е.В.	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Якунин Геннадий Валерьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А4А	Якунин Геннадий Валерьевич

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ЯТЦ
Уровень образования	Бакалавр	Направление	14.03.02 Ядерные физика и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

– Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:	– вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, ионизирующее излучение); – опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).
– Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	– электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность; – требования охраны труда при работе на ПЭВМ;

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	23.04.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ	Т.С. Гоголева	к.ф.-м.н.		23.04.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Якунин Геннадий Валерьевич		23.04.2018

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

Школа ядерных технологий

Направление подготовки (специальность) 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Уровень образования высшее

Отделение школы (НОЦ) ядерно-топливного цикла

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 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)
23.04.2018	<i>Составление и утверждения технического задания</i>	
26.04.2018	<i>Обзор литературы по теме исследования</i>	
08.05.2018	<i>Анализ данных мониторинга ОА радона и торона, плотности потока альфа- и бета-излучения и метеовеличин</i>	
15.05.2018	<i>Анализ и описание результатов</i>	
26.05.2018	<i>Подготовка к защите ВКР</i>	

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ядерные физика и технологии	Бычков П.Н.	К.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 87 страниц, 30 рисунков, 15 таблиц, 18 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: объемная активность, радон, торон, ЭРОА, корреляция, плотность потока альфа- и бета-излучения

Цель работы: Исследование особенностей динамики изотопов радона и их излучений в приземной атмосфере с целью проверки возможности замены мониторинга радона мониторингом альфа- и бета-фона.

Задачи:

1. Обзор литературы по теме исследования, анализ приборов и методов измерения радона, торона, плотности потоков альфа- и бета-излучений в воздухе.
2. Выявление синхронности в динамике атмосферного радона, торона, ДПР радона и потоков альфа- и бета-излучения на разных временных масштабах от суточного до годового.
3. Регрессионный и корреляционный анализ между ОА изотопов радона и плотностью потоков альфа- и бета-излучений.
4. Анализ полученных результатов.

Объект исследования: экспериментальные данные мониторинга объемной активности радона в атмосфере в городе Томске на экспериментальной площадке Томской обсерватории радиоактивности и ионизирующих излучений (ТОРИИ) за 2017 и 2018 гг.

В ходе работы было произведен анализ данных ОА радона, торона, ЭРОА радона и плотности потока альфа- и бета-излучения, полученных в результате мониторинга на экспериментальной площадке ТПУ-ИМКЭС. Были проведены регрессионный и корреляционный анализ с целью поиска взаимосвязей между ОА активности радона, торона, ЭРОА радона и плотностью потоков альфа- и бета-излучений на разных временных масштабах. Получены и проанализированы коэффициенты корреляции между радиационными величинами в зависимости от периода усреднения экспериментальных данных

(от 30 минут до 3-х месяцев). Проведена оценка степени влияния вертикального ветра на величину и вариации ОА радона, торона и ЭРОА радона, и коэффициент радиоактивного равновесия между радоном и его ДПР.

Область применения: метеорология, радиационная экология и биология, геофизика.

Значимость работы: полученная значимая корреляция между ЭРОА радона и плотностью потока альфа-излучения позволит заменить мониторинг радона и его ДПР с использованием дорогостоящих радиометров мониторингом альфа-фона приземной атмосферы посредством относительно экономичных детекторов альфа-излучений.

Обозначения и сокращения

БД – блок детектирования (излучений)

ДПР – дочерние продукты распада

ИИ – ионизирующее излучение

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

ОА – объемная активность

ПП – плотность потока

ТОРИИ – Томская обсерватория радиоактивности и ионизирующих
излучений

ЭРОА – эквивалентная равновесная объемная активность

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ	10
ВВЕДЕНИЕ.....	15
Глава 1. Обзор литературы.....	17
1.1 Особенности динамики активной объемности радона в атмосфере	18
1.1.1 Суточные вариации радона	18
1.1.2 Сезонные особенности радона.....	22
1.1.3 Вертикальный профиль активной объемности радона в атмосфере	26
1.2 Заключение по первой главе	29
Глава 2 Приборы для измерения радона, плотности потока альфа- и бета-излучений	31
В главе 2 описаны приборы, используемые для измерения характеристик радонового поля, а также для измерения плотности потока альфа- и бета-излучений. Приведены их основные технические характеристики, область применения.....	31
2.1 Радиометры радона и торона.....	31
2.1.1 Радиометра радона RAD7.....	31
2.1.2 Радиометр RTM 2200	32
2.1.3 PPA-01M-03 – Радиометр радона	33
2.1.4 Альфарад ПЛЮС – Радиометр радона	34
2.1.5 PPA-06П – Радиометр радона и торона	35
2.2 Альфа- и Бета- детекторы БДПА-01 и БДПБ-01	36
2.2.1 Блок детектирования альфа излучения БДПА-01.....	36
2.2.2 Блок детектирования бета излучения БДПБ-01	37
2.3 Заключение по второй главе.....	38
Глава 3 Описание эксперимента, результаты и их анализ.....	39
3.1 Годовые вариации интегральных значений ОА радона и ПП альфа- и бета-излучений	40

3.2	Исследование динамики мгновенных значений радиационных величин.....	44
3.3	Регрессионные зависимости между мгновенными значениями ЭРОА радона и ОА радона в разные периоды года	47
	Глава 4 Социальная ответственность.....	55
4.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	55
4.2	Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ	57
4.2.1	Организационные мероприятия.....	57
4.2.2	Технические мероприятия.....	57
4.3	Условия безопасной работы.....	60
4.4	Электробезопасность	62
4.5	Пожарная и взрывная безопасность	63
	Глава 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	66
5.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	66
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	66
5.1.2	Анализ конкурентных технических решений	67
5.1.3	SWOT-анализ.....	69
5.2	Планирование научно-исследовательской работы.....	70
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	70
5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	71
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	72
5.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	74
5.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	81
	Заключение	83
	Список литературы	84

ВВЕДЕНИЕ

Оценка уровней радиоактивности окружающей среды является очень важной задачей. Это необходимо проводить регулярно и непрерывно в нормальных условиях работы, которые обеспечивают измерение уровня радиоактивности в окружающей среде для определения фона и уровней радиоактивности, позволяющие контролировать влияние естественной радиоактивности на организм человека. Человек контактирует с радоном и тороном везде, но главным образом в каменных и кирпичных домах. Свойства и поведение радона и торона в свободной атмосфере очень важны для оценки уровня радиоактивности.

Радон - радиоактивный химический элемент VIII группы периодической системы Менделеева. Относится к инертным газам. Радон один из самых редких элементов, которые встречаются на земле. Он образуется в радиоактивных рудах и минералах. При нормальных условиях, радон - газ без цвета, вкуса и запаха. Все изотопы радона называются эманациями, и они радиоактивны с коротким периодом полураспада; радон имеет самый длинный период в 3,8 дня. Поскольку это благородный газ, радон не образует химических соединений и не реагирует ни с каким другим элементом. Радон, образованный распадом радия, имеет тенденцию мигрировать даже на большие расстояния в атмосферу. Радон постоянно образуется в почве, в горных породах и в воде от радиоактивного распада радия. Почва является основным источником радона. Он высвобождается из земли в атмосферу, где он транспортируется, в основном, путём турбулентной конвекции или диффузии. Концентрация радона в воздухе зависит от температурной среды, влажности и структуры минералов.

Радон и его дочерние продукты обуславливают более половины всей эффективной дозы облучения, которую в среднем получает организм человека от природных и техногенных радионуклидов окружающей среды.

Мониторинг радона является важным для решения прикладных задач в различных областях радиоэкологии, геофизики и других науках.

Анализ производимых в РФ радиометров радона показал, что они не пригодны для автоматизированного круглогодичного мониторинга в приземной атмосфере в жестких климатических условиях (при температурах -30°C ниже). Зарубежные радиометры радона и/или дочерних продуктов распада радона также имеют ограничения по условиям эксплуатации и не могут быть использованы в зимний период.

Из-за таких ограничений в ряде научных исследований мониторинг радона заменяют на мониторинг альфа- или бета-фона приземной атмосферы. К тому же, из-за высокой стоимости радиометров радона практически отсутствуют исследования вертикального переноса радона в атмосфере, либо его пространственного распределения.

Связи с этим, основной задачей работы являлась проверка возможности замены промышленно выпускаемых радиометров радона экономичными детекторами альфа- и бета-излучения для проведения круглогодичного мониторинга приземной атмосферы.

Глава 1. Обзор литературы

Газ радон является значительным источником естественной радиоактивности в пограничном слое атмосферы. Он постоянно возникает в природе при радиоактивном распаде материнских ядер, после чего попадает в подземные воды, природные газы и воздух. Вот почему знание флуктуаций естественной радиоактивности атмосферы, которая является основной средой жизни человека, так важно. Временная изменчивость радона в воздухе вблизи земли по отношению к погодным элементам и процессы вертикального смешивания в атмосфере были исследованы различными авторами.

В настоящее время опубликовано много статей на динамику объемной активности радона в атмосфере во многих странах. Эти исследования показывают, что концентрация радона изменяется в течение суток и сезонов. Она зависит не только от содержания радия и его распределение в почве, а также от пористости, проницаемости, содержания влаги и других параметров [4,5,6,10].

По результатам анализов некоторых исследований, подтверждены различия в концентрации радона, которые сильно зависели от концентрации радия в земной коре, географических условий, распределения земли и моря. Ученые полагали, что концентрация радона зависит от соотношения компонентов смеси воздуха и океана [6].

1.1 Особенности динамики активной объемности радона в атмосфере

1.1.1 Суточные вариации радона

Известно, что приземная концентрация радона изменяется в течение суток, что обусловлено суточными изменениями вертикального турбулентного перемешивания в атмосфере, адвекцией и величиной потока ^{222}Rn из почвы. Эти факторы, в свою очередь, подвержены влиянию метеорологических параметров атмосферы: скорости и направления ветра, влажности, давления, интенсивности солнечной радиации.

В работе [11] был обнаружен фон концентрации радона и уровень окружающего фона атмосферного радона в Корее в течение всего 2011 года с использованием системы мониторинга в реальном времени на станции Госана.

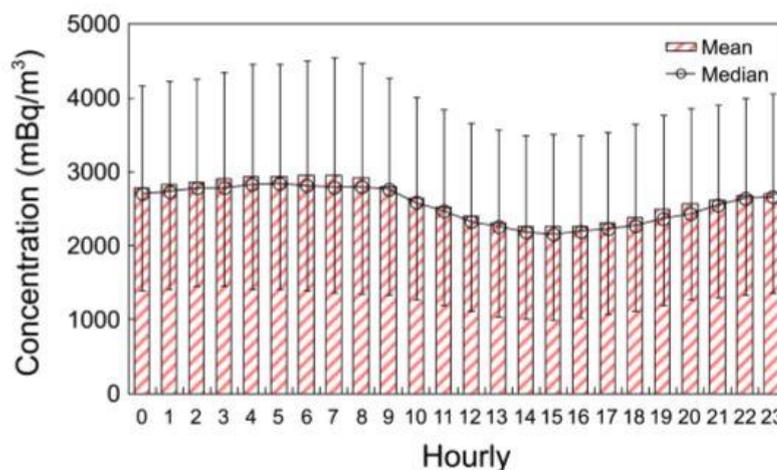


Рисунок 1 – Суточные вариации среднечасовых концентраций радона.

На рисунке 1 видно, что суточный цикл радона характеризовался ранним утренним максимумом (7 часов) и минимумом в середине дня (3 часа). Самые высокие ночные составные концентрации ($2956 \text{ мБк}\cdot\text{м}^{-3}$) наблюдались вокруг восхода солнца, когда глубина перемешивания атмосферы была наименьшей, а самые низкие значения ($2259 \text{ мБк}\cdot\text{м}^{-3}$) в начале дня, когда глубина смешивания была наибольшей.

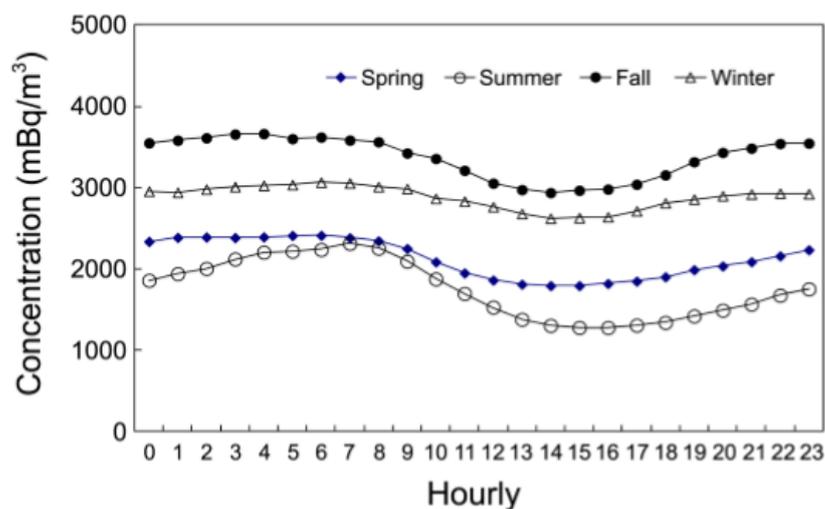


Рисунок 2 – Дневной график почасовой концентраций радона в течение четырех сезонов.

Зимой воздушные массы доставляются в исследуемом районе, в основном, через Желтое море. Из-за того, что значительные водоемы имеют большую теплоемкость, они проявляют небольшие суточные изменения в температуре поверхности. Следовательно, крупные водные объекты оказывают стабилизирующее воздействие на глубину перемешивания атмосферы, что приводит к сравнительно небольшой суточной изменчивости в глубине смешивания в зимний период. Это отражается в малой амплитуде комбинированного суточного цикла радона на участке по сравнению с типичным для внутренних районов. Напротив, летом большая часть воздушных масс в Госане проходит через остров Чеджу, что приводит к гораздо более значительным суточным колебаниям глубины перемешивания атмосферы из-за сравнительно большого суточного изменения температуры поверхности, более типичная для континентальных участков.

Японские учёные также исследовали ежедневную минимальную концентрацию радона, наблюдаемую в префектуре Фукусима с 2003 года по март 2011 года в работе [5]. Сезонная вариация была рассчитана путем применения синусоидальной модели к ежедневной минимальной концентрации радона в течение нормального периода в работе. В пределах ежедневного изменения

концентрации радона, ежедневная минимальная концентрация радона не зависит от топографии. Поэтому для анализа репрезентативной вариации концентраций радона вокруг определенной области следует использовать дневную минимальную концентрацию радона.

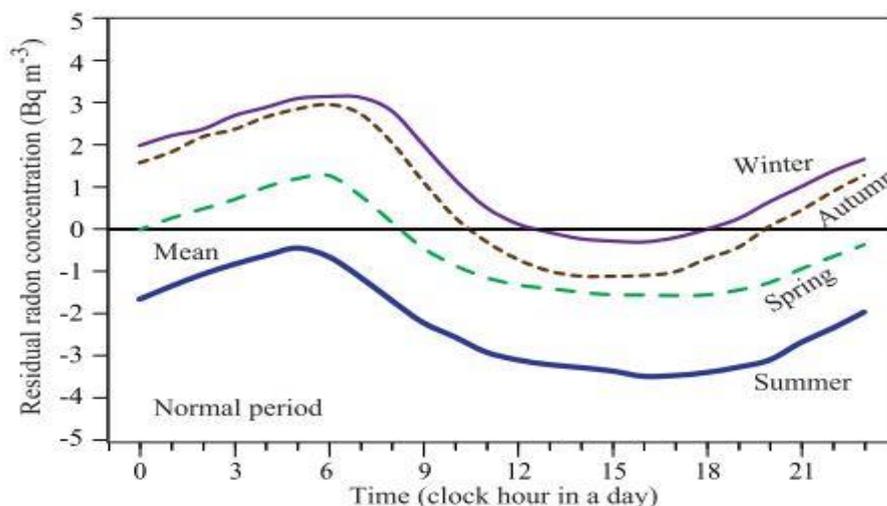


Рисунок 3 – Суточные изменения концентраций остаточного радона в течение четырех сезонов (вычитание линейного тренда и конверсия концентрации радона из тока ионизации) [7].

На рисунке 3 показана суточная вариация остаточных концентраций радона в каждом сезоне. Сезонные колебания минимальной концентрации радона совпадают с изменениями в верхней части слоя смешивания. Зимой более высокие значения минимальной концентрации радона отражают опускание верхней части слоя смешивания; тогда как летом более низкие значения минимальной концентрации радона отражают увеличение высоты верхней части слоя смешивания. Изменения в течение четырех сезонов следуют общей схеме: уменьшение концентраций радона после восхода солнца случается из-за генерации высокой турбулентности в дневном перемешивающем слое. Видно то, что минимальная концентрация радона обычно достигается в конце дня, когда слой смешивания полностью развит. Концентрация постепенно увеличивается с середины дня (15:00) до следующего утра (06:00) и внезапно падает на восход солнца, так как концентрация атмосферного радона сильно зависит от изменений

на верхний слой смешивания. На временное изменение остаточных концентраций радона оказывает влияние атмосферная турбулентность, которая сильно связана с изменением температуры поверхности.

В работе [9] ОА радона в приземной атмосфере контролировался в двух областях Словакии. Орография населенных пунктов различна, начиная от флота и до холмистой местности. Местности расположены на расстоянии до 130 км друг от друга. Первой местностью был университетский городок факультета математики, физики и информатики - Университет Комениуса (FMPI CU). Второе место для отбора проб было расположено в районе Словацкого метрологического института (SMI) в Братиславе и находится примерно в 3 км к западу от кампуса FMPI CU.

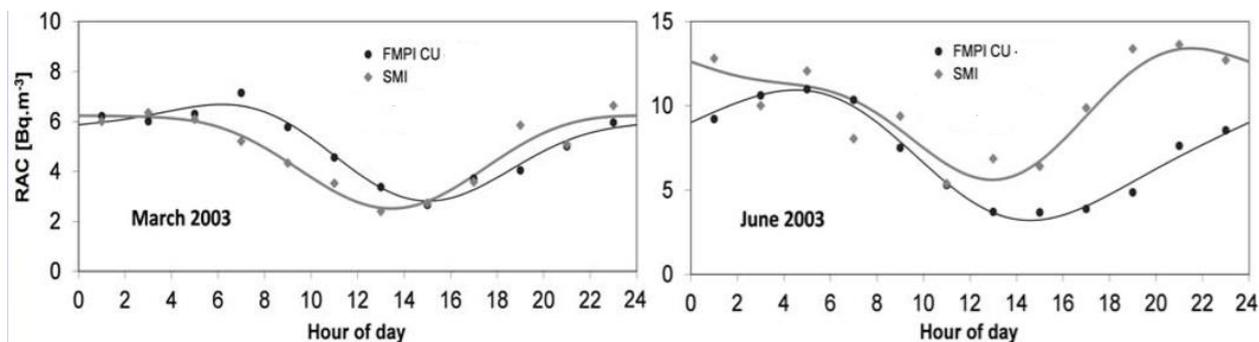


Рисунок 4 - Суточные вариации ОА радона на FMPI PU и SMI за два месяца 2003 года [9].

Амплитуды суточных ход рядов аналогичны в обеих населенных пунктах, 3,5 Бк/м³ в июне и 2 Бк/м³ в марте. Аналогичные суточные закономерности ОА радона были найдены между двумя местностями. Однако наблюдался заметный сдвиг во времени (до 5 ч) в дневном минимальном и максимальном ОА радона между местностью FMPI и SMI. Этот эффект был связан с тем, что область измерений на основании SMI подвергалась воздействию солнечной радиации только до 3 часов утра летом и 12 утра зимой из-за экранирования с запада на близлежащие холмы. Это привело к более раннему уменьшению интенсивности процессов вертикального обмена в воздухе SMI, что привело к более раннему

увеличению ОА радона, всегда на пару часов раньше, чем аналогичное увеличение, наблюдаемое в кампусе FMPI. Этот эффект особенно хорошо заметен в летние месяцы, когда влияние солнечной радиации на временные ряды ОА радона более значимо, чем зимой. Измерения показывают, что среднемесячные значения ОА радона в области SMI обычно выше (на 21-40%). В области SMI максимальные значения ОА радона наблюдались в течение лета, в отличие от зимних максимумов, наблюдаемых в области FMPI. В области SMI летом максимум был следствием относительно высокого ОА радона в течение дня, а также ночью (выше, чем в области FMPI).

Суточный ход в Японии на работе [5] одинаковый и не зависит от сезонного года, а в работе [11] сделанной в Корее и в работе [9] в двух областях Словакии имеют разные суточные вариация ОА радона для разных сезонов из-за того, что разные особенности движения воздушных масс в Корее и значительное изменение метеорологических параметров, таких как скорость ветра или температура, вызвало соответствующее значительное изменение ОА радона во населенных пунктах Словакии.

В результате можно сказать, что минимальная концентрация радона наблюдается днём, когда вертикальное перемешивание воздуха наиболее активно, и выделяющийся из почвы радон поднимается в вышележащие слои атмосферы, а также переносится в пространстве за счёт адвекции воздуха. К вечеру, когда земная поверхность остывает и вертикальные движения воздуха ослабевают, устанавливается инверсия температуры. Инверсия температуры препятствует вертикальному и горизонтальному переносу радона в приземном слое атмосферы, что способствует накоплению радона, выделяющегося из почвы, в приземном слое и увеличению его приземной концентрации в несколько раз по сравнению с дневными значениями. С восходом солнца инверсия температуры разрушается, турбулентное перемешивание усиливается, и концентрация радона в приземном слое резко уменьшается.

1.1.2 Сезонные особенности радона

Сезонная изменчивость радона в атмосфере также в первую очередь связана с метеорологическими факторами: стратификацией атмосферы, атмосферными осадками и атмосферной циркуляцией [12].

Если рассматривать инверсии температуры, как один из основных факторов, определяющих вариации приземного радона, то следует отметить, что и мощность, и интенсивность инверсии характеризуются значительной сезонной изменчивостью. Над континентальными и некоторыми прибрежными районами мира максимумы мощности и интенсивности инверсии наблюдаются зимой, а минимумы – летом. Также отмечают, что приземные инверсии небольшой мощности чаще наблюдаются в теплый период года, а более мощные – в холодный [12]. Атмосферные осадки способствуют изменению состояния почвы: увлажнению, заполнению пор почвы водой и, следовательно, уменьшению эксхалляции радона в атмосферу. Наличие снега или льда на поверхности почвы, приводит к накоплению радона в почве и его интенсивной эмиссии в атмосферу в первые часы после таяния снежного покрова как уже отмечалось.

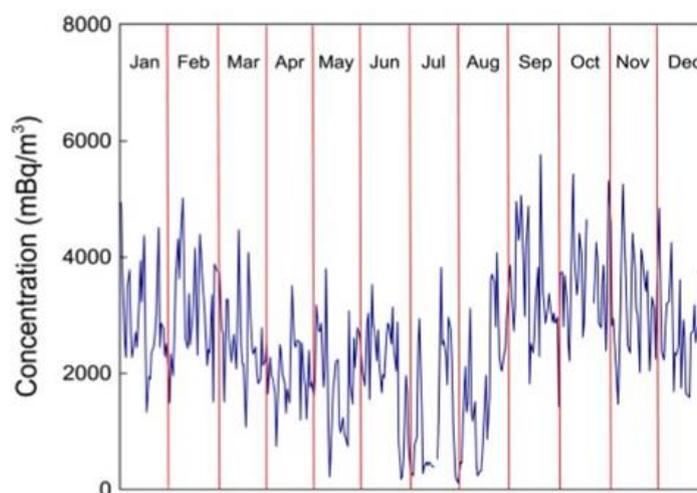


Рисунок 5 – Ежегодный временной ряд ежедневной ОА радона [11]

По результатам работы [11] показана яркая выраженная сезонность, характеризующаяся высокой концентрацией зимой и низкой концентрацией в летний период. В этом исследовании с сентября по февраль наблюдались высокие концентрации радона (2666-3595 мБк/м³). Это период наиболее

устойчивого земного притока из-за сильного северного ветра, северо-западного компонента и сухих воздушных масс в разгар азиатского зимнего муссона. Во время зимнего муссона воздушный поток в нижней атмосфере направляется с азиатского континента в сторону Тихого океана; обратно возвращается в летнее время. Наименьшие среднемесячные концентрации радона (1243 мБк/м^3) наблюдались в июле, что было периодом относительно доминирующей океанической добычи из-за сильного южного компонента направления ветра и влажных воздушных масс. Океан является незначительным источником радона. По большей части средние месячные скорости ветра высоки в период с декабря по март.

Таблица 1– Среднемесячные значения и стандартные отклонения ОА радона в двух областях Словакии [9].

Month and year	FMPI CU [Bq·m ⁻³]	SMI [Bq·m ⁻³]
February 2003	5.6 ± 3.2	4.7 ± 3.6
March 2003	5.1 ± 3.6	4.8 ± 3.7
April 2003	4.0 ± 2.5	4.3 ± 3.8
May 2003	5.4 ± 3.2	6.7 ± 5.1
June 2003	6.3 ± 3.2	8.9 ± 5.5
July 2003	5.4 ± 3.2	6.8 ± 4.7
August 2003	5.4 ± 4.3	6.5 ± 6.0
September 2003	4.2 ± 3.4	4.8 ± 5.8
October 2003	5.6 ± 2.8	6.6 ± 5.0
November 2003	6.5 ± 3.4	7.3 ± 3.9

По результатам работы [9] в течение 11 месяцев мониторинга радона в 2003 году были получены среднегодовые значения ОА радона 5,4 и 6,1 Бк/м³ для FMPI и SMI воздуха соответственно. В области SMI максимальные значения ОА радона наблюдались в течение лета, в отличие от зимних максимумов, наблюдаемых в области FMPI. Значительное изменение метеорологических параметров, таких как скорость ветра или температура, вызвало

соответствующее значительное изменение ОА радона в двух населенных пунктах Словакии. Однако суточные циклы радона, а также средние значения ОА радона были затронуты орографией местности радия и радона, содержащиеся в почве. Влияние орографии было особенно хорошо видно в районе SMI, где из-за особых условий облучения солнцем увеличение ОА радона в течение летних месяцев наблюдалось уже в 12 часов утра, а максимум суточного цикла происходил как раньше в 23 часа вечера.

Концентрации атмосферного радона контролировались с осени 2004 года до зимы 2007 года в заброшенном районе добычи угля в Польше [7]. Наблюдались сильные пространственные и сезонные колебания ОА радона в атмосфере (Рисунок 6). Пространственные вариации коррелировали с изменением содержания урана в подвале. Сезонные изменения были положительно коррелированы с температурой и отрицательно с влажностью, что привело к максимальной активности атмосферного радона летом. Сильное влияние местного содержания урана в подвале указывает на его важность в планировании мониторинговых кампаний.

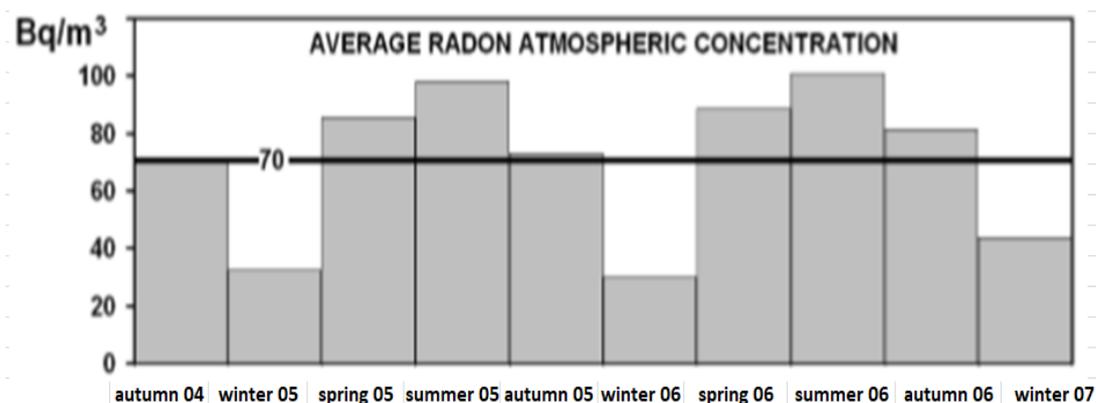


Рисунок 6 – Сезонная вариация атмосферного радона в Польше

Было обнаружено, что существование пористых хвостохранилищ крупнозернистых породных фрагментов в Польше является основной причиной увеличения средней концентрации атмосферного радона в среднем, что

приводит к среднему значению 70 Бк/м³ для 77 мест мониторинга. У хвостохранилища была самая высокая концентрация атмосферного радона, достигнув максимального значения 131 Бк/м³ летом 2006 года. Из-за обычно высоких концентраций атмосферного радона сезонные колебания (самые высокие значения были отмечены в течение лета, самого низкого в течение зимы и промежуточного в период весны, и осени) в основном контролировались изменениями местных условий выдоха из-за колебаний температуры воздуха и влажности. Влияние переноса на большие расстояния с континентальных или океанических воздушных масс представляется менее значительным, так как за весь год наблюдалась сильная локальная пространственная дифференциация. Было обнаружено, что в горных долинах с плохой вентиляцией, где геологический фундамент имеет дифференцированное содержание урана и пористость, локальный фактор оказывает сильное влияние на концентрацию атмосферного радона.

Различия в концентрации радона в разных местах сильно зависели от концентрации радия в земной коре и географических условий, т.е. распределения земли и моря. Ученые полагали, что концентрация зависит от соотношения компонентов смеси воздуха и океана. Поэтому влияние радона, переносимого с далекого евразийского континента и радона, возникшего из области измерения, зависит от изменений вертикальной конвекции [9].

1.1.3 Вертикальный профиль активной объемности радона в атмосфере

В работе [1] было обнаружено влияние различных факторов на вертикальное распределение объемной активности изотопов радона и дочерних продуктов распада в приземной атмосфере. Моделирования вертикальных профилей объемной активности на диапазоне изменения коэффициента турбулентной диффузии от 10^{-3} до $0,1 \text{ м}^2/\text{с}$ представлены на следующем рисунках.

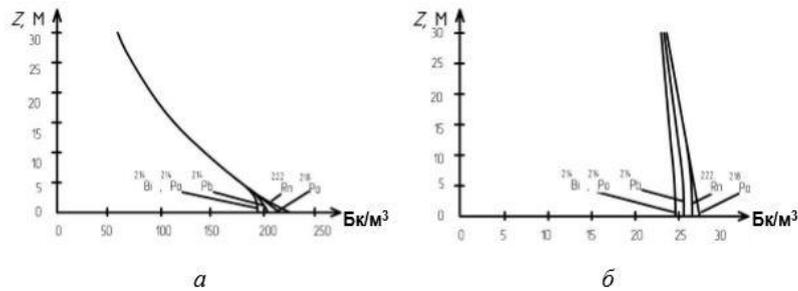


Рисунок 7 – Зависимость объемной активности радона и дочерних продуктов распада от высоты при:

а) $D_T = 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$; б) $D_T = 0,1 \text{ м}^2/\text{с}$.

Видно то, что изменение коэффициента турбулентности атмосферы сильно изменяет вертикальный профиль объемной активности радона, торона и продуктов их распада, особенно у земной поверхности. С ростом коэффициента турбулентной диффузии от $D_T = 10^{-3}$ до $0,1 \text{ м}^2/\text{с}$ наблюдается переход от экспоненциальной зависимости объемной активности радона и дочерних продуктов распада от высоты к линейной, значения объемной активности у земной поверхности снижаются на порядок. Снижение D_T до значений менее $10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$ приведет к увеличению объемной активности радона и торона у поверхности земли до значений более $200 \text{ Бк}/\text{м}^3$.

Влияние изменения вертикальной скорости и направления ветра на вертикальные профили объемной активности изотопов радона и дочерних продуктов распада представлены на рисунке 7. Направление скорости ветра при положительном значении совпадает с направлением оси z , отрицательные значения показывают, что ветер направлен к земной поверхности.

С усилением ветра, направленного вверх от поверхности земли происходит сильное снижение объемной активности изотопов радона и дочерних продуктов распада у поверхности земли и выравнивание концентраций радионуклидов по высоте.

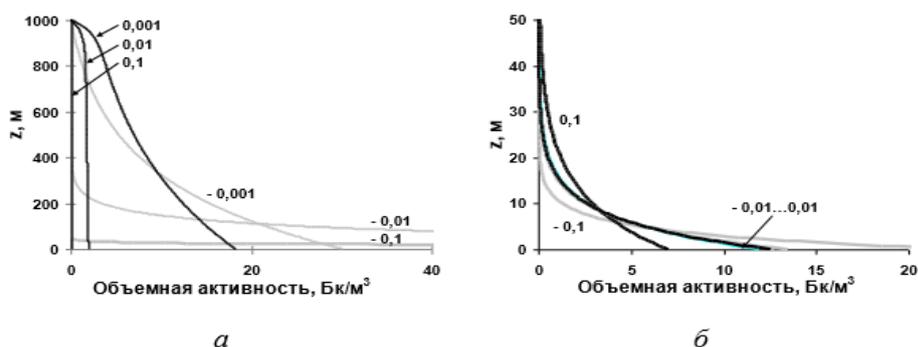


Рисунок 8 – Изменение по высоте при разной скорости ветра и направлении объемной активности а) радона; б) торона [1]

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.

Влияние скорости и направление вертикального ветра на коэффициент равновесия радона и торона представлены на рис. 9, из статьи [18] получено, что нарушение радиоактивного равновесия происходит, в основном, при ветре, направленном от земной поверхности, и увеличивается при его усилении.

Ветер, дующий сверху вниз, наоборот, восстанавливает радиоактивное равновесие между радионуклидами. Для коэффициента радиоактивного равновесия между тороном и ДПР наблюдается совершенно иная зависимость.

Активность торона у земной поверхности может на несколько порядков превосходить активность продуктов его распада. На определенной высоте в очень небольшом воздушном слое их активности сравниваются, и затем торон полностью распадается. Таким образом, торон и продукты его распада практически никогда не находятся в радиоактивном равновесии в атмосфере.

Ветер, направленный к поверхности земли, снижает активность изотопов радона и ДПР на больших высотах и, наоборот, сильно увеличивает и сравнивает их ОА у земной поверхности. С усилением ветра, направленного вверх от

поверхности земли, происходит значительное снижение ОА изотопов радона и ДПР у поверхности земли и выравнивание концентрации радионуклидов по высоте.

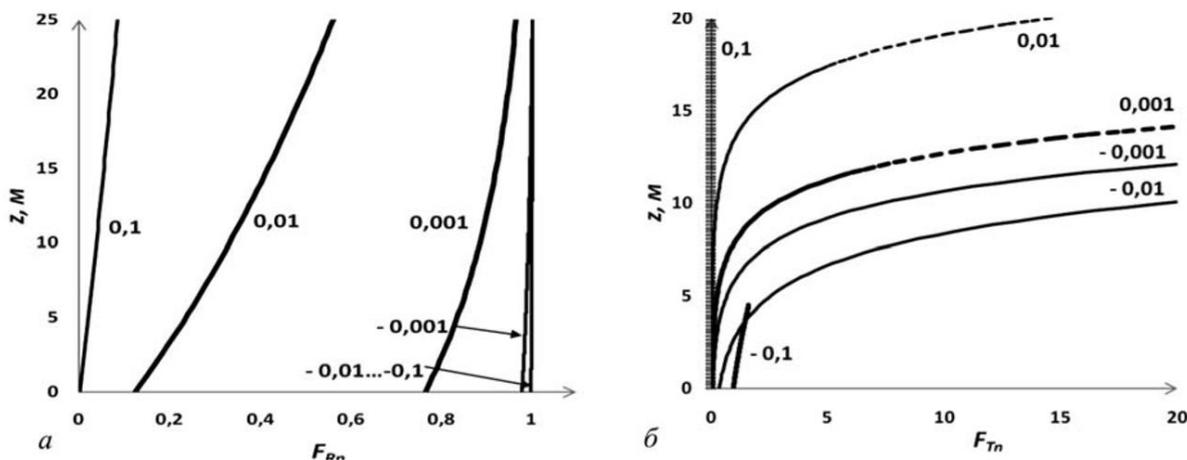


Рисунок 9 – Изменение с высотой коэффициента радиоактивного равновесия в зависимости от скорости вертикального ветра а) между радоном и ДПР; б) между тороном и ДПР. [18]

1.2 Заключение по первой главе

Почва является основным источником радона в приземной атмосфере.

Приземная концентрация 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.

Вертикальный 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.

Нарушение радиоактивного равновесия происходит, в основном, при ветре, направленном от земной поверхности, и увеличивается при его усилении.

Глава 2 Приборы для измерения радона, плотности потока альфа- и бета-излучений

В главе 2 описаны приборы, используемые для измерения характеристик радонового поля, а также для измерения плотности потока альфа- и бета-излучений. Приведены их основные технические характеристики, область применения.

2.1 Радиометры радона и торона

2.1.1 Радиометра радона RAD7

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



Рисунок 10 – Радиометр радона RAD7

RAD7 может быть организован в категориях:

- непрерывный мониторинг радона в воздухе;
- измерение радона в воде;
- проверка почвенного газа;

- измеряя выбросы радона и торона от объектов и поверхностей.

В этой работе основное внимание уделяется использованию RAD7 для измерения радона и торона на воздухе без использования специальных аппаратных аксессуаров.

2.1.2 Радиометр RTM 2200

RTM-2200 является превосходным монитором радона/торона 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 11 – 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 влияют на характеристики измерительной камеры РТМ-2200, поэтому отсутствует необходимость в осушителях, требуемых в других устройствах, работающих по принципу электростатического осаждения.

2.1.3 РРА-01М-03 – Радиометр радона

Радиометр радона РРА-01М-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 альфа-спектрометрическим методом по количеству зарегистрированных альфа-частиц при распаде RaA и ThA. В процессе измерений контролируются следующие параметры окружающей среды: температура, относительная влажность и давление.



Рисунок 12 – Радиометр РРА-01М-03

Радиометр радона РРА-01М-03 выполнен в виде носимого прибора с автономным и сетевым питанием. Основными его узлами являются:

- измерительная камера с аэрозольным фильтром и полупроводниковым детектором;
- микровоздуходувка;
- климатическая камера с датчиками температуры, влажности и давления;
- зарядочувствительный предусилитель;
- высоковольтный блок питания;
- автономный источник питания;
- блок управления с расположенными в нем элементами управления и индикации на базе микропроцессора;
- сетевой блок питания (прилагается отдельно).

2.1.4 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 13 – 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.

2.1.5 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.

2.2 Альфа- и Бета- детекторы БДПА-01 и БДПБ-01

2.2.1 Блок детектирования альфа излучения БДПА-01

БДПА-01 является высокочувствительным сцинтилляционным детектором, предназначенным для измерения плотности потока альфа-частиц с загрязненных поверхностей в диапазоне от $0,1 \text{ част.} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

Особенности:

- Высокая чувствительность и широкий диапазон
- Быстрая адаптация к изменению радиационного поля
- Поиск источников альфа-излучения
- Является интеллектуальным блоком детектирования (интерфейс RS232)
- Система встроенной светодиодной стабилизации
- Возможность работы в широком диапазоне температур в полевых условиях (IP64)

Хранение в энергонезависимой памяти прибора и передача в ПЭВМ до 500 измеренных спектров



Рисунок 14 – БДПА-01

2.2.2 Блок детектирования бета излучения БДПБ-01

БДПБ-01 является высокочувствительным сцинтилляционным детектором, предназначенным для измерения плотности потока бета-частиц с загрязненных поверхностей в диапазоне от $0,1 \text{ част.} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

Особенности

- Высокая чувствительность и широкий диапазон
- Быстрая адаптация к изменению радиационного поля
- Поиск источников бета-излучения
- Является интеллектуальным блоком детектирования (интерфейс RS232)
- Система встроенной светодиодной стабилизации
- Возможность работы в широком диапазоне температур в полевых условиях (IP64)
- Хранение в энергонезависимой памяти прибора и передача в ПЭВМ до 500 измеренных спектров

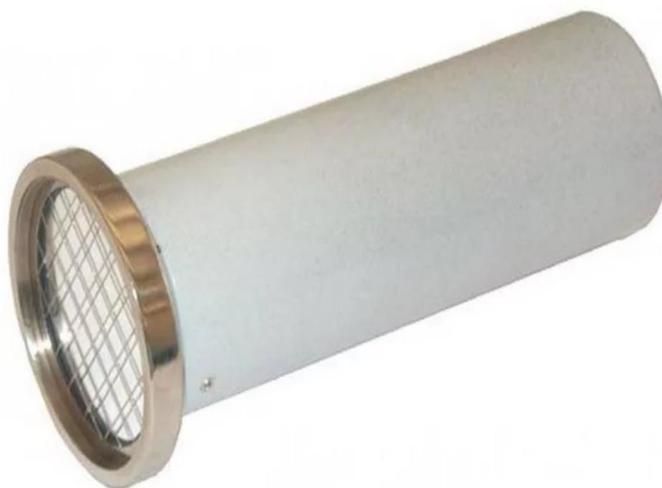


Рисунок 15 – БДПБ-01

2.3 Заключение по второй главе

Были рассмотрены основные радиометры для измерения ОА радона, торона и детекторы плотности потока альфа- и бета-излучения.

Анализ приведённых выше радиометров производства РФ и зарубежного позволил сделать заключение о том, что все они не предназначены для автоматизированного круглогодичного мониторинга, и в холодные периоды времени (от -15°C и ниже) нуждаются в специальной защите.

Глава 3 Описание эксперимента, результаты и их анализ

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 и торона 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. Изотопы ^{218}Po и ^{216}Po являются продуктами распада радона, а ^{214}Po и ^{212}Po – торона.

Параллельно на высоте 1 м от земной поверхности ведутся измерения плотности потока альфа-излучения с тактом 10 мин. и бета-излучения с тактом 1 мин. с использованием блоков БДПА-01 и БДПБ-01, описанных во 2 главе.

Результаты анализа взаимосвязей между характеристиками поля радона и полей альфа-, бета-излучений на различных временных масштабах и с учетом разного периода усреднения данных представлены в следующих подразделах Главы 3.

3.1 Годовые вариации интегральных значений ОА радона и ПП альфа- и бета-излучений

Значения концентраций радона и торона сильно зависят от разных сезонов года. Область исследования (в Томске) наблюдают более высокую среднюю концентрацию радона в зимний период и высокую концентрацию торона в летний период.

Известно, что концентрация радона и его продукты распада в атмосфере зависит от места, 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 отличие от радона на распределение продуктов распада влияет также удаление от земной поверхности.

В результате анализа экспериментальных данных, получена динамика значений среднемесячной объемной активности радона в приземной атмосфере на высоте 1 м в течение 16 месяцев, которые представлены в Табл.2.

Таблица 2 – Вариации объемной активности радона в приземной атмосфере на высоте 1м в течение 16 месяцев в Томске.

Месяц	Среднемесячная ОА радона (Бк/м ³)
ноя.16	20,37
дек.16	14,51
январь.17	18,54
фев.17	15,78
мар.17	14,20
апр.17	7,26
май.17	9,75
июнь.17	14,41
июль.17	15,40
авг.17	15,13
сентябрь.17	12,14
октябрь.17	12,74
ноя.17	12,78
дек.17	18,75
январь.18	18,85
фев.18	21,18

На рис. 16 приведены годовые вариации ОА радона и ПП альфа- бета-излучений. Из рис.16 можно наблюдать хорошую синхронность между ПП альфа-излучения и ЭРОА радона.

Регрессионные зависимости между ОА радона и ОА торона, и ЭРОА (средние за месяц значения) приведены на рис.17.

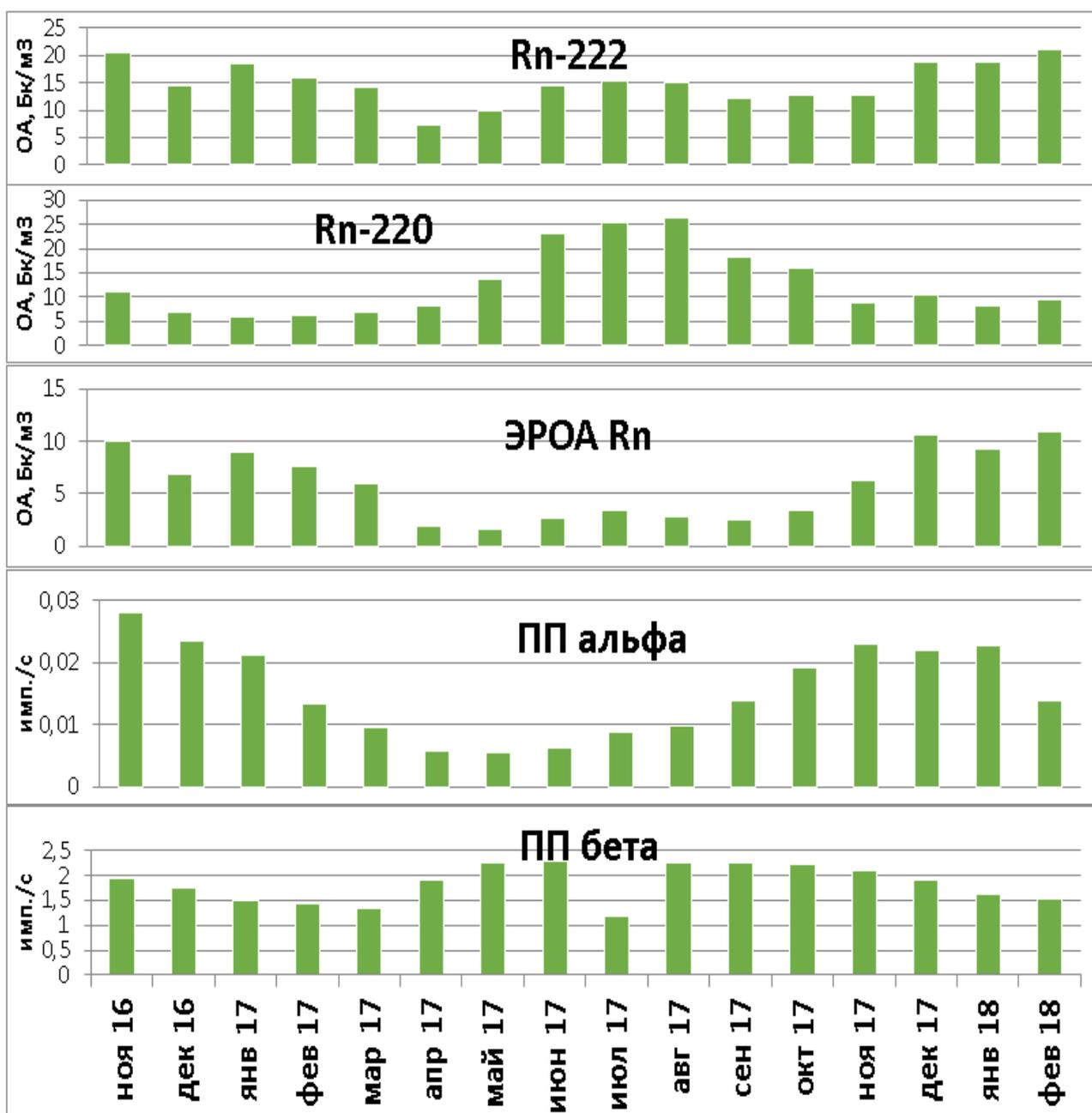


Рисунок 16 – Годовые вариации ОА радона и ПП альфа- бета- излучений

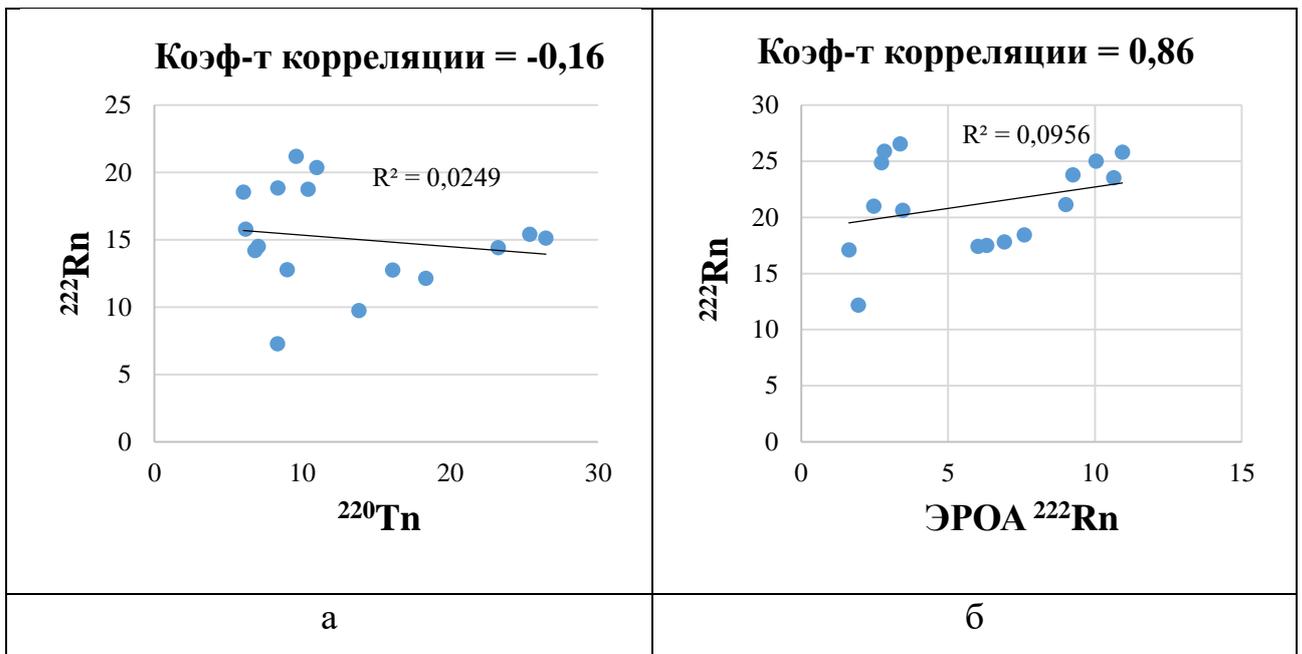


Рисунок 17 – Регрессионные зависимости: а) между ОА радона и ОА торона; б) между ОА радона и ЭРОА радона

Из рис.17 видно, что значимый коэффициент корреляции был получен при зависимости ОА радона и ЭРОА радона.

На рис. 18 приведены регрессионные зависимости между:

- ОА радона и ПП Альфа-излучения;
- ЭРОА и ПП Альфа-излучения;
- ОА торона и ПП Альфа-излучения;
- ОА радона и ПП Бета-излучения;
- ЭРОА радона и ПП Бета-излучения;
- ОА торона и ПП Бета-излучения.

Из рис.18 высокий коэффициент корреляция был выведен между ЭРОА радона и ПП альфа-излучения (средние значения за месяц), что позволяет сделать вывод, что измеряемый радиометром параметр ЭРОА радона при средних значениях за месяц, можно заменить альфа-детектором БДПА-01.

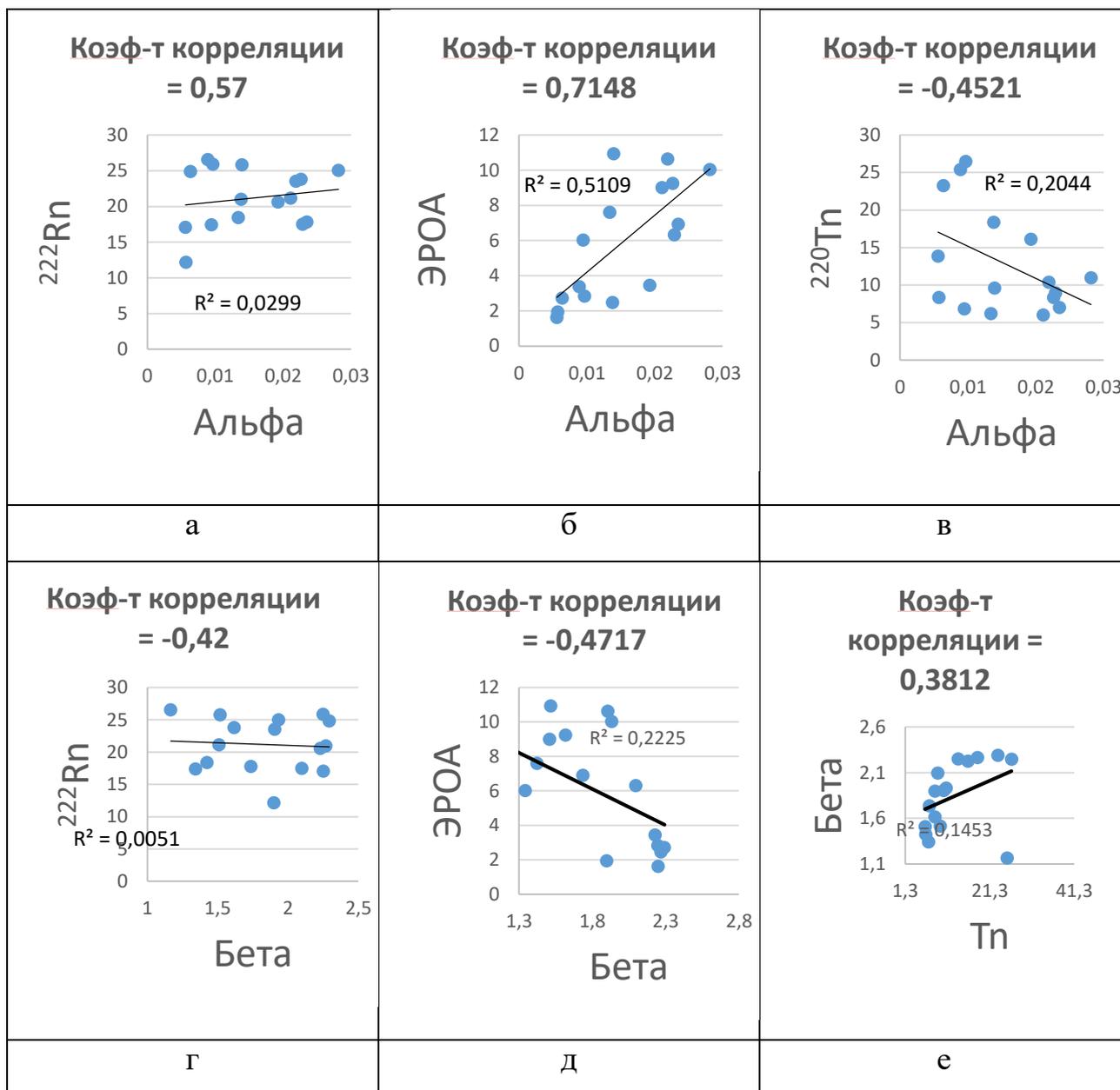


Рисунок 18 – Регрессионные зависимости: а) между ОА района и ПП альфа-излучения; б) между ЭРОА и ПП Альфа-излучения; в) между ОА торона и ПП Альфа-излучения; г) между ОА радона и ПП Бета-излучения; д) между ЭРОА и ПП Бета-излучения; е) ОА торона и ПП Бета-излучения

3.2 Исследование динамики мгновенных значений радиационных величин

На рис.19 представлены годовые вариации радона, его продуктов распада и торона в атмосфере на высоте 1 м. Видно, что максимумы концентрации радона и его продуктов распада наблюдались зимой и минимумы – весной (наименьшее

значение в апреле). В отличие от радона, высокий уровень концентрации торона отмечается в летний период, низкая концентрация – в зимний период.

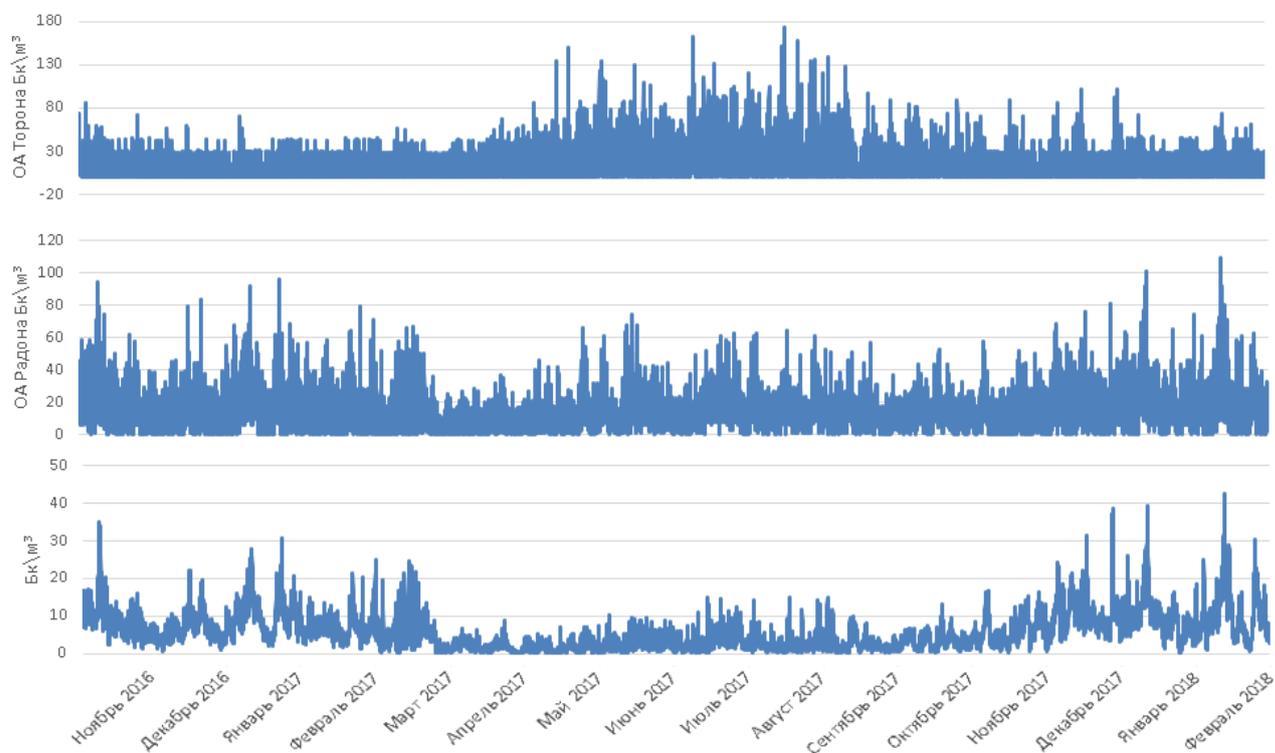


Рисунок 19 – вариации радона, продуктов его распада и торона в атмосфере на одном метре

Проанализируем суточный ход ОА радона в разные сезоны года в приземной атмосфере. В конце лета наблюдается рост среднесуточного значения ОА радона, а также увеличивается амплитуда вариаций. Минимальные значения характерны для вечернего времени суток (около 18:00), а максимальные наблюдаются в предрассветные часы (около 5:00). Полученные результаты хорошо согласуются с результатами, полученными в более ранних экспериментах [9].

При рассмотрении внутри суточного масштаба, синхронность в изменении характеристик радонового поля проявляется лишь в отдельные временные

интервалы.

Если принять во внимание физические процессы, влияющие на перенос атмосферных радионуклидов, и также результаты моделирования влияния коэффициента турбулентной диффузии D_T и скорости вертикальной составляющей ветра v_W на радиоактивное равновесие радона и ДПР (см. Главу 1), то результаты мониторинга позволяют сделать вывод о том, что среднее значение v_W в зимний период лежит в пределах 0,001–0,002 м/с, а в теплый сезон года – на порядок выше, при этом вектор в обоих случаях направлен вверх от земной поверхности.



Рисунок 20 – Скорость вертикального ветра

Из рис.20 видно, что нарушение радиоактивного равновесия происходит, в основном, при ветре, направленном от земной поверхности, и увеличивается при его усилении.

3.3 Регрессионные зависимости между мгновенными значениями ЭРОА радона и ОА радона в разные периоды года

На рис. 21 представлены регрессионные зависимости между мгновенными значениями ЭРОА радона и ОА радона в разные периоды года, а на рис. 22 – результаты корреляционного анализа.

Результаты анализа показывают, что получасовые-часовые значения радиационных величин плохо коррелируют друг с другом, кроме двух величин – ОА радона и ЭРОА радона.

При анализе взаимосвязи между ОА радона и ЭРОА радона получена значимая корреляция в течение всего года, однако не превышающая 0,67.

Поскольку соотношение между ОА радона и ЭРОА радона характеризуется коэффициентом равновесия, проведем также его анализ, результаты которого приведены на рис. 24.

Коэффициент радиоактивного равновесия между радоном и его ДПР стабилен в зимние месяцы и составляет около 0,5, снижается только в теплый сезон года, что хорошо видно на Рис. 24.

Коэффициент равновесия, в свою очередь, определяет взаимосвязь между характеристиками радонового поля и полей ИИ, поскольку источниками альфа- и бета-излучений являются именно аэрозольные продукты распада изотопов радона [10]. Результаты хорошо вписываются в общие представления о циркуляции атмосферы. В ночное время наблюдается снижение турбулентности атмосферы, что приводит к восстановлению радиоактивного равновесия между радоном и ДПР. Нарушение нормального суточного хода и снижение ОА аэрозольных ДПР радона происходит также вследствие выпадения дождевых осадков.

В отдельные периоды от нескольких дней до нескольких недель наблюдаются значимые корреляции между ОА радона и ПП альфа-излучения.

Однако средние за месяц значения показали слабую корреляцию ОА изотопов радона и ДПР радона с альфа- и бета-фоном, либо ее отсутствие.

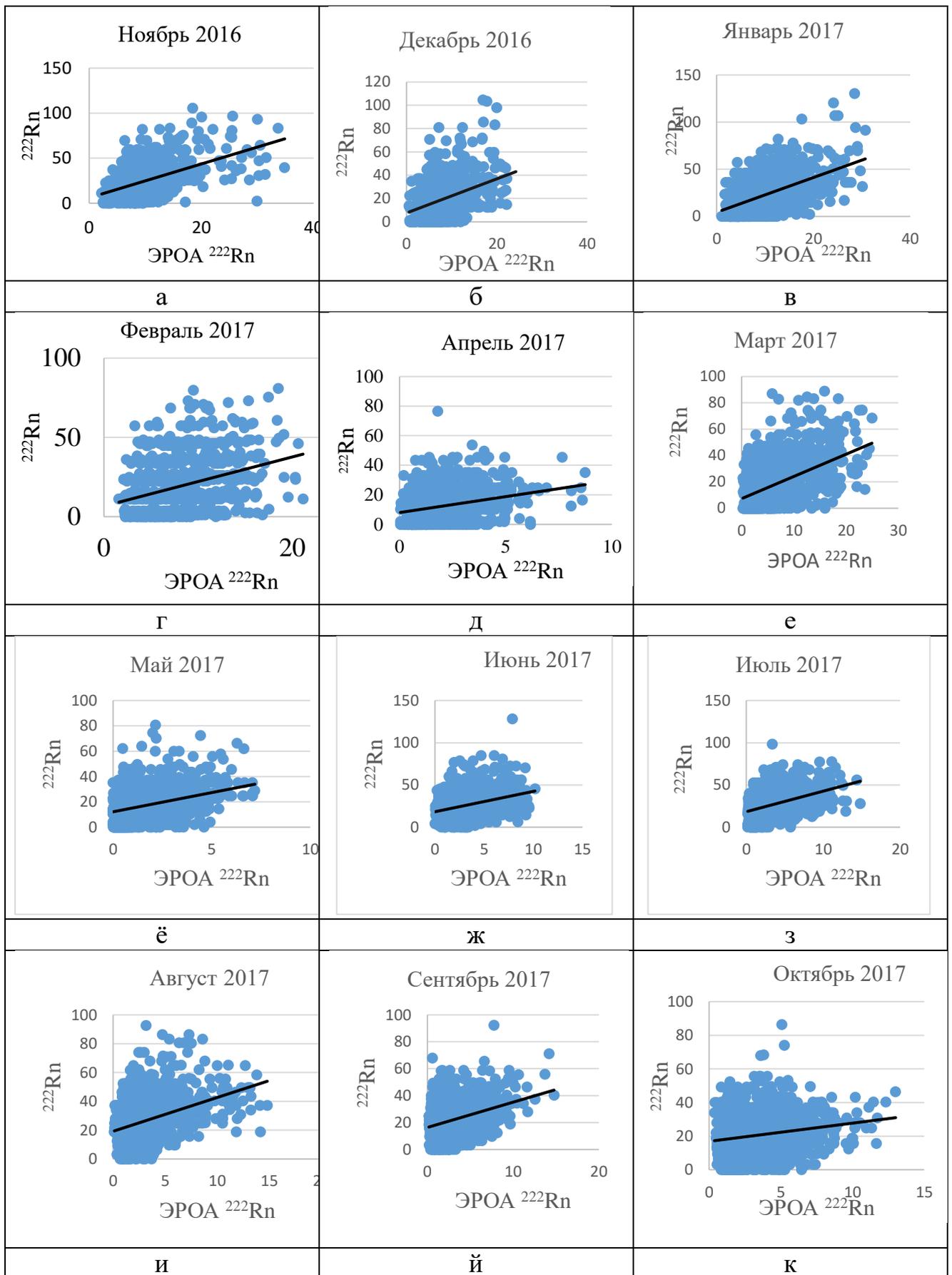


Рисунок 21 – Регрессионные зависимости: а-н) между ОА района и ЭРОА района по месяцам

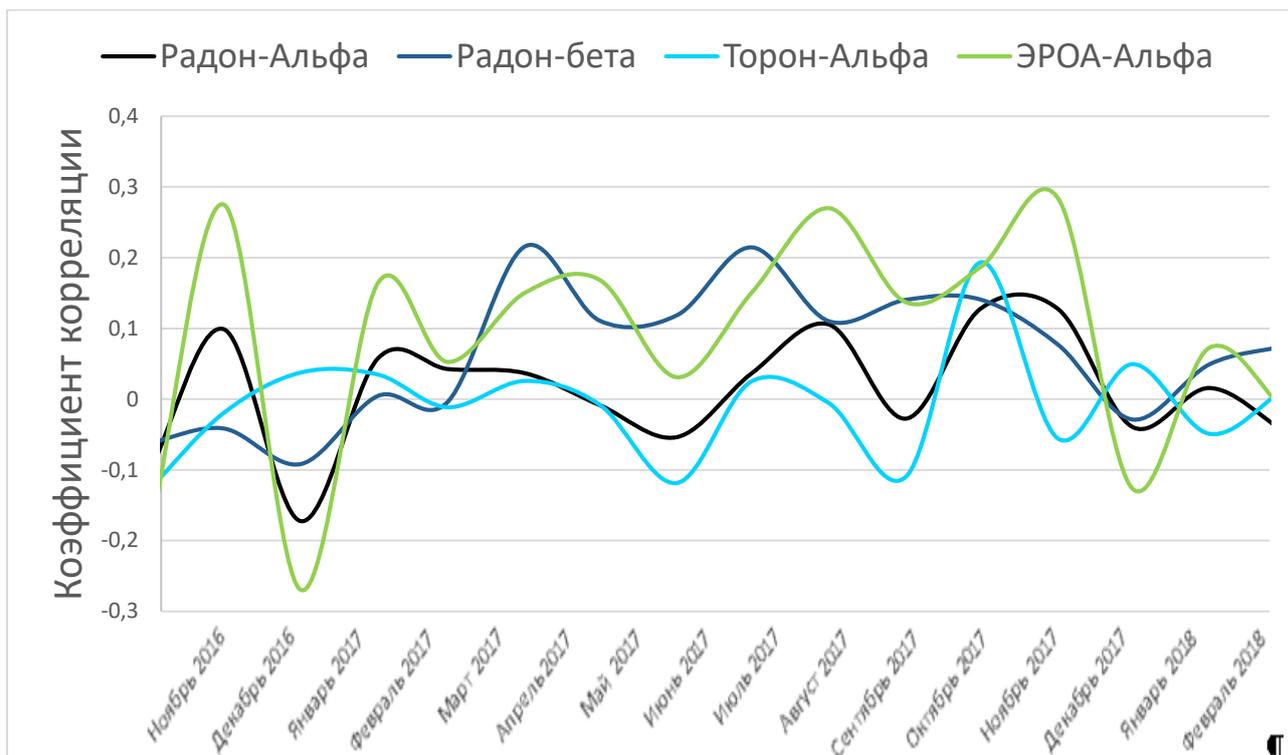


Рисунок 22 – Изменение коэффициентов корреляции между характеристиками радонового поля и полей ИИ (усреднение 30 мин.)

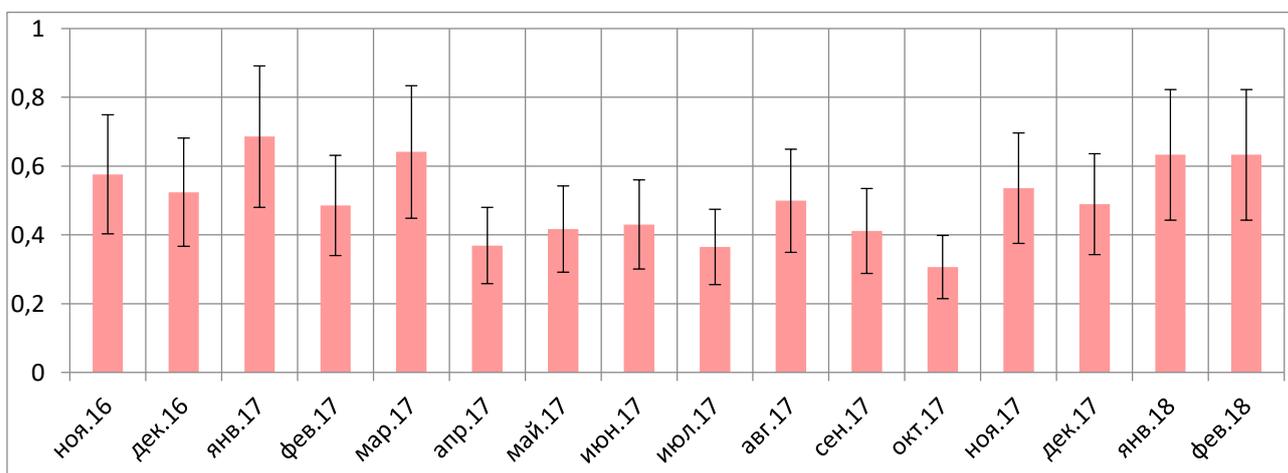


Рисунок 23 – Изменение коэффициентов корреляции между мгновенными 1-ч значениями ОА радона и ЭРОА радона

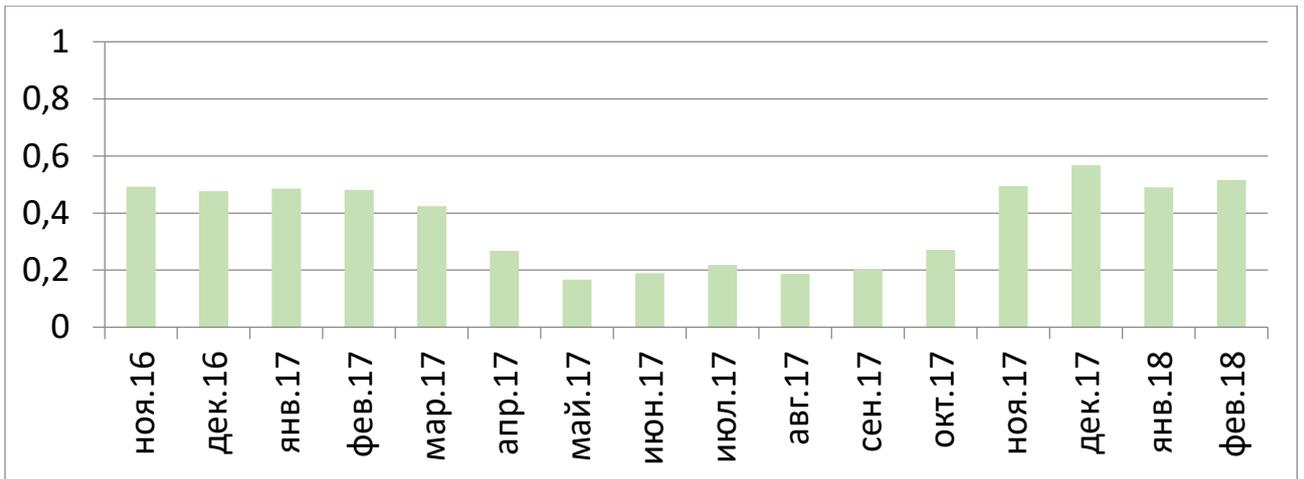


Рисунок 24 – Изменение коэффициента равновесия между радоном и его ДПР

Для торона обнаружена значимая корреляция с ПП бета-излучения только при анализе усредненных за 6 ч и 12 ч значений, результаты регрессионного анализа приведены на Рис 25, там же указаны коэффициенты корреляции.

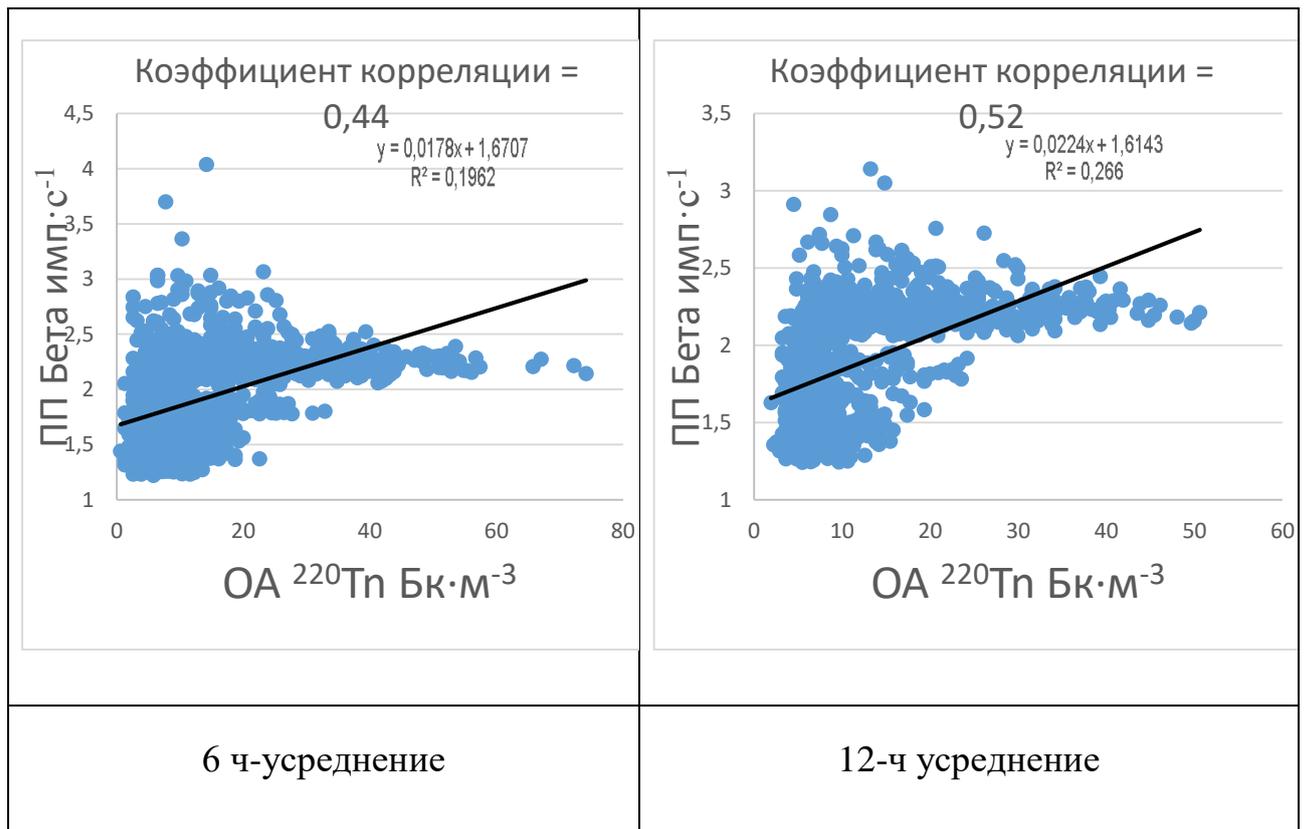


Рисунок 25 – Изменение коэффициента равновесия между радоном и его ДПР

Проанализируем результаты корреляционного анализа данных. Изменение коэффициентов корреляции по сезонам года, рассчитанные по усредненным за 1 сутки значений, приведены в табл. 3 и на Рис. 26.

Таблица 3 – Коэффициентов корреляции по сезонам года

	Rn-A1	Rn-B1	Tn-A1	Tn-B1	ЭРОА Rn-A1	ЭРОА Rn-B1
зима 16/17	-0,30	-0,35	-0,09	0,14	-0,20	-0,35
весна 17	0,29	-0,29	-0,39	0,68	0,59	-0,64
лето	0,28	-0,01	0,13	-0,19	0,53	0,24
осень	0,10	0,05	-0,44	0,22	0,52	-0,15
зима 17/18	-0,23	-0,10	-0,35	0,12	-0,02	0,10
весна 18	0,45	-0,39	-0,24	0,44	0,71	-0,63

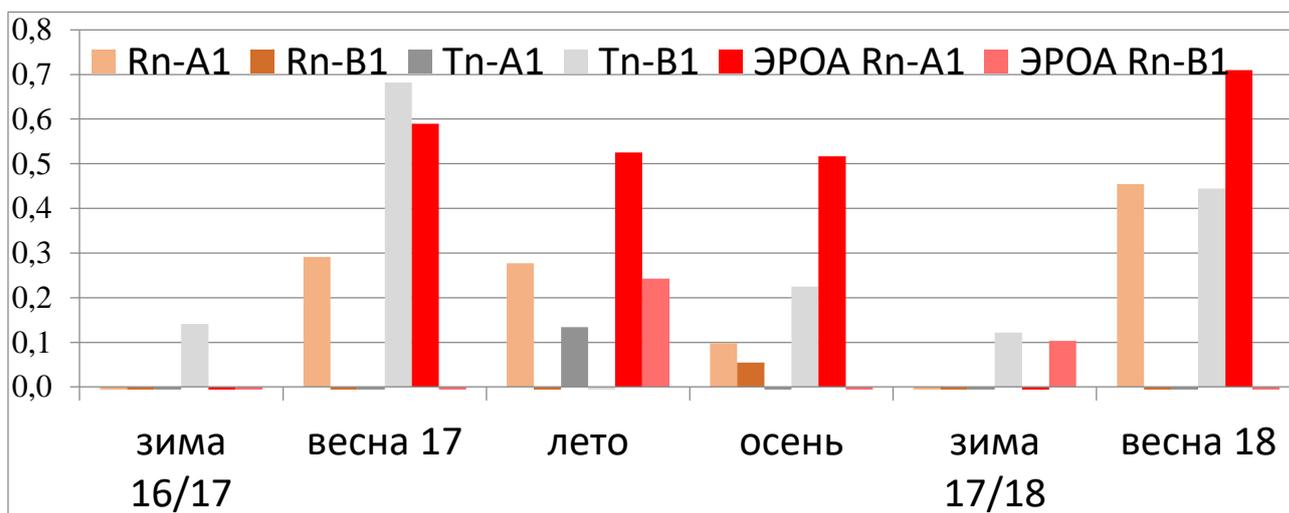


Рисунок 26 – Изменение коэффициентов корреляции между радиационными величинами

Результаты регрессионного анализа в разные сезоны года между усредненных за сутки значениями приведены на Рис 27. Из рис.27 видно, что весной наблюдается самая значимая корреляция, причем она повторяется из года в год, в отличие от лета и осени. Зимой связь отсутствует. Связи между ЭРОА радона и ПП бета-излучения не обнаружено.

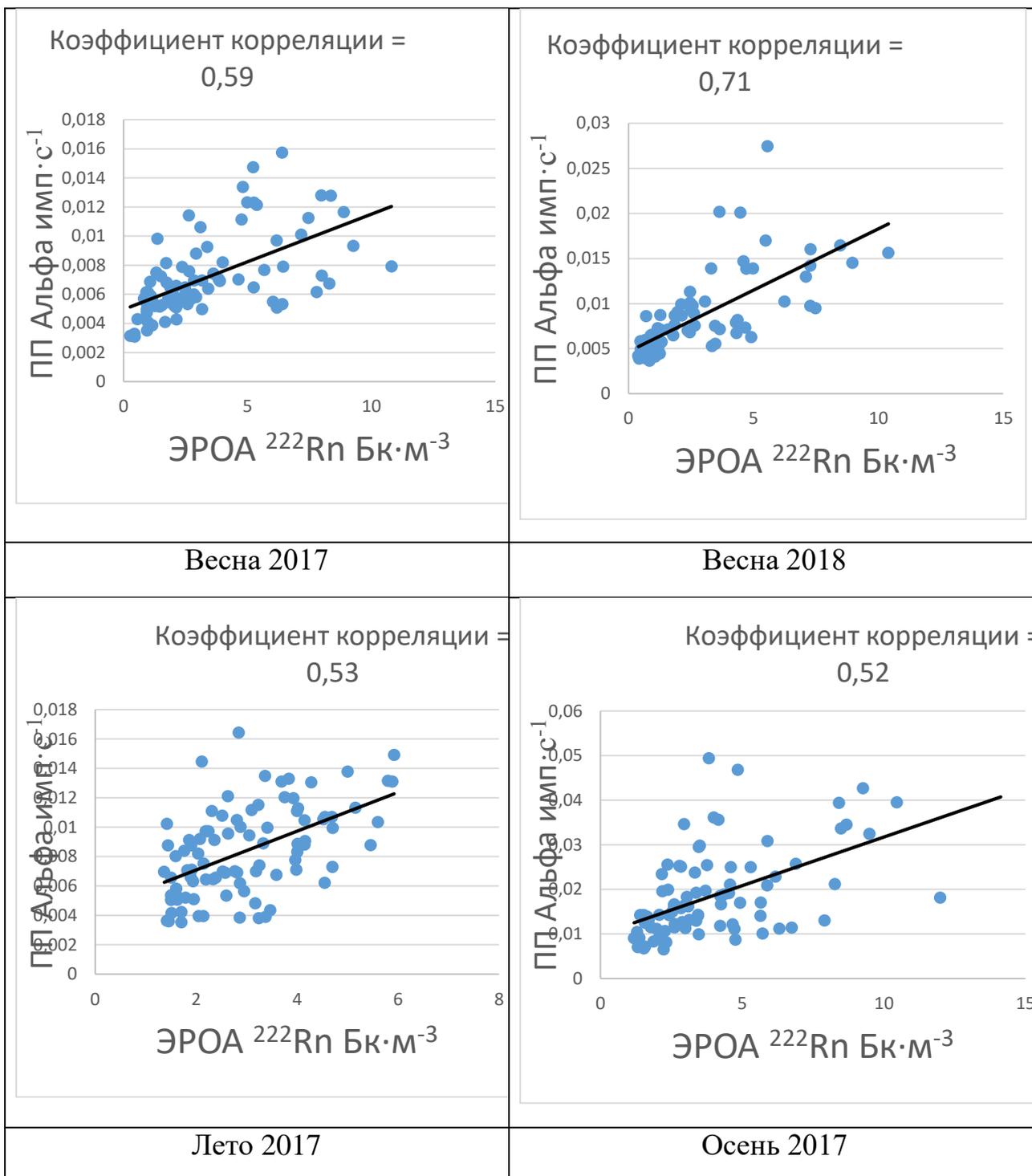


Рисунок 27 – Изменение коэффициента равновесия между радоном и его ДПР

Для торона результаты регрессионного анализа с ПП бета-излучения показаны на рис.28. Значимая связь выявлена только весной, которая подтвердилась и на следующий год. Связи с ПП альфа-излучения связи не обнаружено.

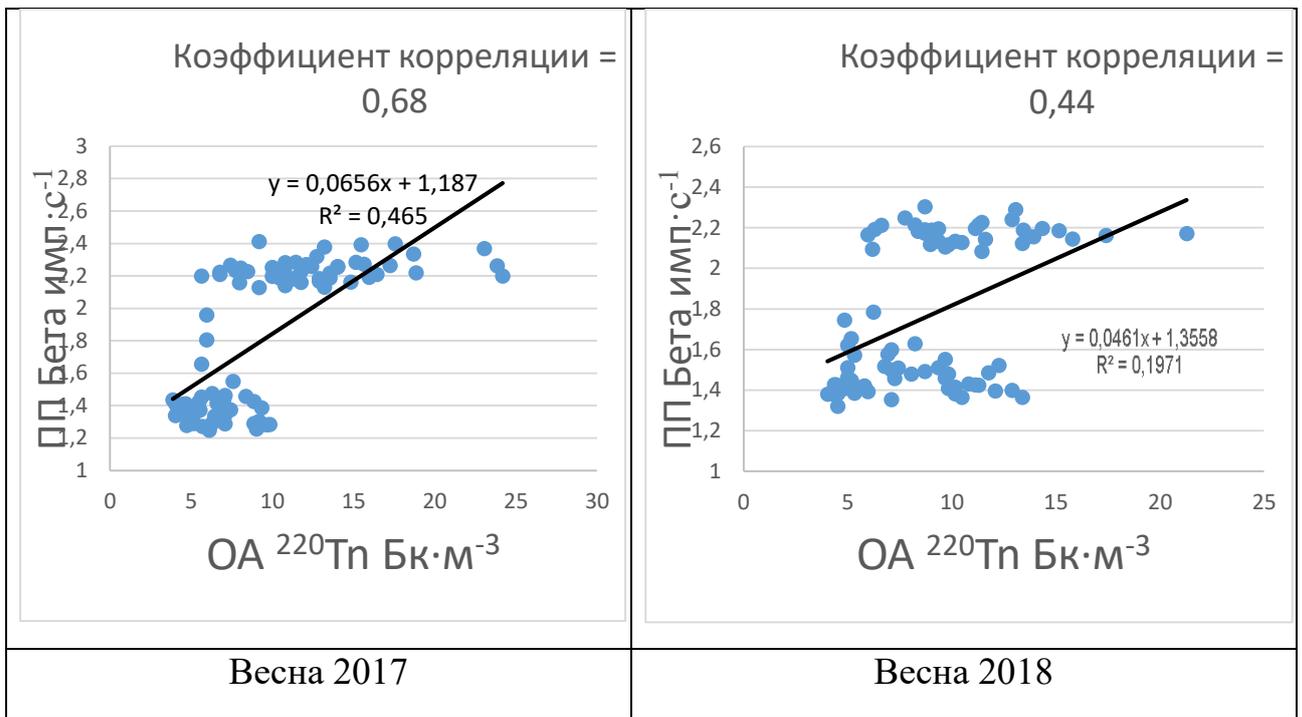


Рисунок 28 – Изменение коэффициента равновесия между радоном и его ДПР

Для радона была выявлена положительная значимая корреляция с ПП альфа-излучения только весной 2018 года, весной 2017 года связь была слабой ($K=0,29$) (Рис.29), с ПП бета-излучения связи не обнаружено.

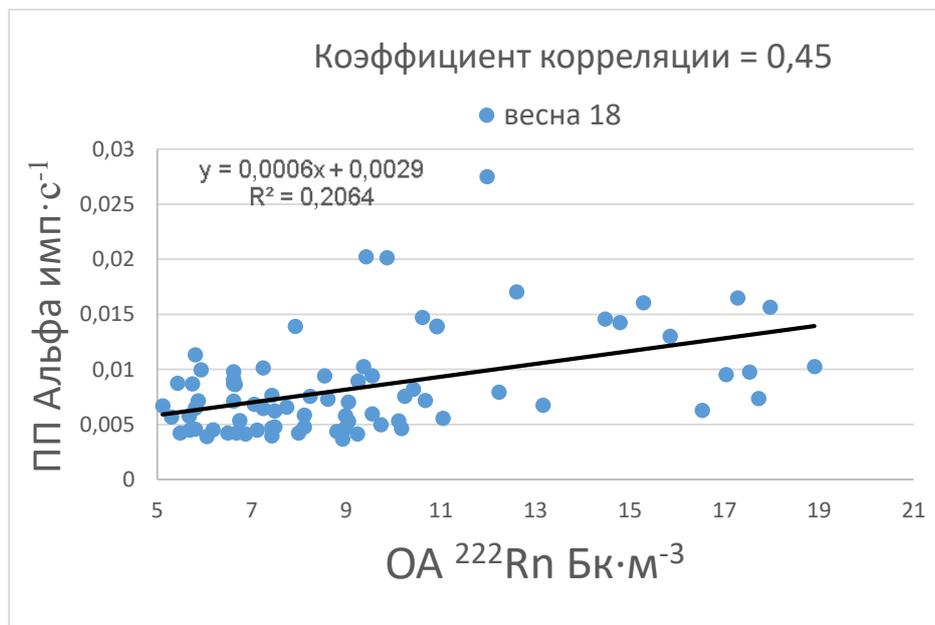


Рисунок 29 – Изменение коэффициента равновесия между ПП-Альфа и ОА радона

3.4 Заключение по третьей главе

1. Выявлена синхронность в динамике интегральных значений ОА и ЭРОА атмосферного радона и ПП альфа-излучения на годовом масштабе.

2. Регрессионный и корреляционный анализ между ОА изотопов радона и плотностью потоков альфа- и бета-излучений, позволили определить:

- очень слабую корреляцию между мгновенными значениями ОА изотопов радона, ДПР радона и ПП альфа-, бета-излучений при рассмотрении периодов от месяца и более;

- значимые корреляции между мгновенными значениями ОА радона и ПП альфа-излучения только в отдельные периоды года длительностью от нескольких дней до нескольких недель;

- значимую корреляцию между интегральными (средними за месяц) значениями ОА радона ($K=0,57$) и ЭРОА радона ($K=0,71$) и ПП альфа-излучения.

3. Нарушение радиоактивного равновесия между ОА радона и его ДПР в приземной атмосфере происходит при вертикальном ветре скоростью >0 м/с, направленного вверх от земной поверхности и в периоды выпадения осадков. Это, в свою очередь влияет на взаимосвязь между характеристиками поля радона и альфа-фона.

4. Объяснением того, что не обнаружено значимой корреляции между характеристиками радонового поля и ПП бета-излучения, является превалирующее влияние почвенных радионуклидов на суммарный бета-фон атмосферы.

5. Мониторинг альфа-фона может заменить мониторинг интегральных значений ЭРОА радона в приземной атмосфере.

Глава 4 Социальная ответственность

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

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 [13].

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 [14], 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.

4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы представлены в таблице 4.

Таблица 4 – 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 студента, работа которого связана с моделированием на компьютере, воздействуют следующие факторы:

1. физические:

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

2. Психофизиологические факторы:

- Физические перегрузки (статические, динамические);
- нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

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

4.2.1 Организационные мероприятия

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

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

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

4.2.2 Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации.

То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как показано на рисунке 30.

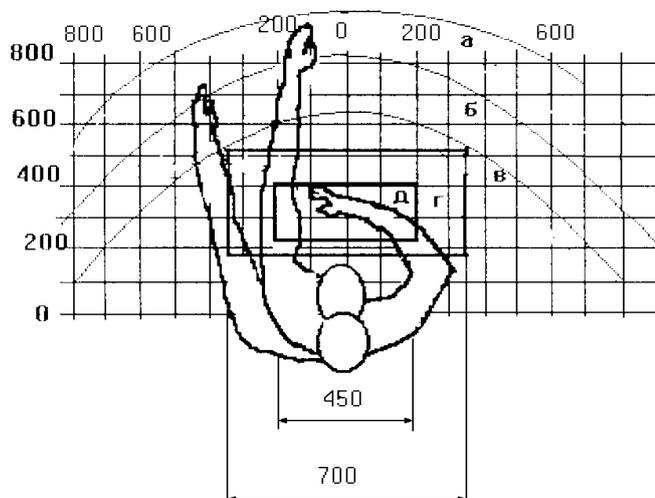


Рисунок 30 – зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а – зона максимальной досягаемости рук; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

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

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420 – 550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем.

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

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

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

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

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

4.3 Условия безопасной работы

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

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с [15] и приведены в таблице 5.

Таблица 5 – 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

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещении должны

подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м³ на человека – не менее 30 м³ в час на человека; при объёме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

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

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

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Согласно [15] 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.

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Однако последние достижения науки в области производства мониторов позволяют значительно снизить уровень излучения. Использование современных ЭЛТ-мониторов и ЖК-мониторов, соответствующих стандарту ТСО-2003, гарантирует минимальные значения напряженности электромагнитных полей вблизи экранов (менее 10 В/м в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц и менее 1 В/м в диапазоне частот 2 – 400 кГц). Используемый для моделирования на ноутбуке ЖК-монитор также соответствует стандарту ТСО-2003.

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

4.4 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) [16], 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.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

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

4.5 Пожарная и взрывная безопасность

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

Возможные причины загорания:

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

Мероприятия по пожарной профилактике подразделяются 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 [17].

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 аварийную службу или МЧС – тел. 112;

принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

Глава 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результаты исследования данной работы будут использованы для возможности замены промышленно выпускаемых радиометров радона детекторами альфа- и бета-излучения для проведения круглогодичного мониторинга приземной атмосферы.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

Исходя из этого можно предположить, что основными потребителями результатов исследования будут являться природоохранные организации, научно-исследовательские институты и иные исследовательские группы, занимающиеся мониторингом и проблемами экологической отрасли.

Таблица 6 – Карта сегментирования рынка услуг

		Организация	
		Научно-исследовательские институты	Природоохранные организации
Область применения	Результаты научно-исследовательской работы		
	Возможности замены промышленно выпускаемых радиометров радона детекторами альфа- и бета-излучения		

5.1.2 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:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) представлена в таблице 6.

В качестве конкурентных решений были выбраны различные методы для круглодонного мониторинга приземной атмосферы: радиометрами радона(K_1) и альфа- и бета-детекторами(K_2).

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность	
		B_Φ	B_{K1}	K_Φ	K_{K1}	
1	2	3	4	6	7	
Технические критерии оценки ресурсоэффективности						
1. Удобство использования метода	0,1	4	4	0,4	0,4	
2. Влияние атмосферных условий на эксперимент	0,15	5	2	0,75	0,3	
3. Достоверность полученных результатов	0,075	4	3	0,3	0,225	
4. Сезонность полученных результатов	0,2	2	5	0,4	1	
5. Наличие дорогостоящего	0,125	5	2	0,625	0,25	

оборудования					
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность методики измерения	0,1	4	4	0,4	0,4
2. Стоимость материалов	0,2	5	2	1	0,4
3. Финансирование научной разработки	0,05	3	3	0,15	0,15
Итого	1			4,025	3,125

Можно сделать вывод, что основные конкурентные преимущества представляемой в данной работе разработки заключается в неприхотливости к погодным условиям, низкой стоимости. Разрабатываемая методика способна составить реальную конкуренцию на рынке.

5.1.3 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 приложении 1.

5.2 Планирование научно-исследовательской работы

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научного исследования была сформирована рабочая группа, в состав которой вошли научный сотрудник (руководитель) и инженеры (студенты).

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок этапов и работ при выполнении бакалаврской работы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
----------------	----------	-------------------	-----------------------

Разработка технического задания для НИР	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Разработка общей методики проведения исследований	Руководитель
	3	Выбор направления исследования	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ литературных источников	Инженер
	6	Установка и проверка оборудования	Инженер
	7	Обработка и анализ полученных измерений	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер Руководитель
	9	Оформление расчетов	Инженер
	10	Составление пояснительной записки	Инженер
	11	Подготовка к защите темы	Инженер

5.2.2 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:

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

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}. \quad (5.3)$$

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

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

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

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы 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 графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \text{ кал. дн.} \quad (5.4)$$

где T_{ki} , кал. дн. – продолжительность выполнения i -й работы;

T_{pi} , раб. дн. – продолжительность выполнения i -й работы;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22 \quad (5.5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году ($T_{\text{кал}} = 365$);

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году ($T_{\text{вых}} = 52$);

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

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

Расчетные данные сведены в таблице 8, на основании которой был построен календарный план-график.

Таблица 9 – Временные показатели проведения научного исследования

i	Исполнитель	$t_{\min i}$, чел.- дн.	$t_{\max i}$, чел.- дн.	$t_{\text{ож } i}$, чел.- дн.	Ψ_i , чел.	T_{pi} , раб.дн	T_k , кал.дн.
1	Руководитель	1	1	1,8	1	2	2
2	Руководитель	2	5	3,2	1	3	4
3	Руководитель	1	2	1,4	1	1	1
4	Руководитель	2	6	3,6	1	4	5
5	Студент	4	7	5,2	1	5	6
6	Студент	2	4	2,8	1	3	4
7	Студент	14	30	20,4	1	20	24
8	Студент/Руководитель	2	4	2,8	2	2	2
9	Студент	1	2	1,4	1	1	1
10	Студент	2	4	2,8	1	3	4
11	Студент	2	4	2,8	1	3	4
Итого		33	69	48,2		47	57

На основе таблицы 9 строится календарный план-график. График строится разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Календарный план-график выполнения данной дипломной работы представлен в приложение 2.

5.2.4 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 (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

5.2.4.1 Расчет материальных затрат

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

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды;

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расxi}, \quad (5.6)$$

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

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

Π_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.

Таблица 10 – Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб
Электроэнергия, потребленная ПК	–	40 кВт·час	5,8	232

Бумага	SvetoCopy	1 пачка	210	210
Заправка принтера	–	1	350	350
Доступ в интернет	–	3 месяца	350	1050
Материалы для исследовательской площадки	–	–	2000	2000
Всего за материалы			3842	
Транспортные расходы			350	
Итого:			4944	

5.2.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Затраты на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИОКР, включает в себя основную заработную плату работников (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.7)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (5.8)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (5.9)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

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

Таблица 11 – Баланс рабочего времени

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (5.10)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – 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 $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 12 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м,}$ руб.	$Z_{дн,}$ руб.	$T_{р,раб.}$ дн.	$Z_{осн,}$ руб.
Руководитель	36800	0,3	0,5	1,3	86112	3568	12	42816
Студент	9893	-	0,5	1,3	19291	799	37	29563
Итого $Z_{осн}$								72379

5.2.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (5.11)$$

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

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

Величина отчислений руководителя во внебюджетные фонды составляет:

$$C_{внеб} = 42816 \cdot 0,271 = 11603 \text{ руб.}$$

Величина отчислений студента во внебюджетные фонды составляет:

$$C_{внеб} = 29563 \cdot 0,271 = 8011 \text{ руб.}$$

Итого сумма отчислений составила: $10393 + 9763 = 19615$ руб.

5.2.4.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. В данном исследовании необходимо рассчитать затраты на электроэнергию.

В работе использовались радиометр RTM2200 и альфа-, бета-детекторы. Потребляемая мощность приборов составляет 115,2 Вт/ч, компьютер 100 Вт/ч время работы 365 дней. Стоимость 1 кВт/час – составляет 5,8 руб.

Таким образом, накладные расходы составляют:

$$Z_{\text{накл}} = C \cdot k_{\text{нр}} = ((0,1152 + 0,1) \cdot 365 \cdot 24) \cdot 5,8 = 10934 \text{ руб.}$$

где C – расходы на электроэнергию;

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

5.2.4.5 Расчёт амортизации оборудования для экспериментальных работ

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

В данной исследовательской работе к спецоборудованию, необходимому для проведения экспериментальных работ, относится радиометр радона «Альфарад Плюс», «RTM2200», «RAD7», «RGA-06П», «БДПА-01» и «БДПБ-01» стоимость которых приведена в таблице 13.

Таблица 13 – Затраты на спецоборудование

№ п/п	Наименование Оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы Оборудования, Руб.	Общая Стоимость Оборудования, Руб.
1	Альфарад Плюс	1	250 000	250 000
2	RTM2200	1	1 500 000	1 500 000
3	RAD7	1	2 000 000	2 000 000

4	БДПА-01	1	150 000	150 000
5	БДПБ-01	1	150 000	150 000

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

$$C_{\text{аморт}} = C_{\text{об}} / T, \quad (5.12)$$

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

T – срок службы, дни.

Таким образом затраты на амортизацию оборудования:

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

$$C_{\text{аморт}} = (1500000 / (5 \cdot 251)) = 1195 \text{ руб/дн.}$$

$$C_{\text{аморт}} = (2000000 / (5 \cdot 251)) = 1595 \text{ руб/дн.}$$

$$C_{\text{аморт}} = (150000 / (5 \cdot 251)) = 120 \text{ руб/дн.}$$

$$C_{\text{аморт}} = (150000 / (5 \cdot 251)) = 120 \text{ руб/дн.}$$

Оборудование использовалось в течение 365 дней, таким образом, затраты на оборудование:

$$\text{Саморт(общ)} = (135 + 1195 + 1595 + 120 + 120) \cdot 365 = 1155225 \text{ руб.}$$

5.2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	4944
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	72379

3. Отчисления во внебюджетные фонды	19615
4. Накладные расходы	10934
5. Затраты на амортизацию	1155225
6. Бюджет затрат НТИ	1263097

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

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 исследования представлен в таблице 1.12.

Таблица 15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Безопасность	0,1	5
2. Удобство в эксплуатации	0,2	4
3. Помехоустойчивость	0,15	3
4. Экономичность	0,2	5
5. Надежность	0,2	4
6. Материалоемкость	0,15	4
ИТОГО	1	-

$$I_{p\text{-исп1}} = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 = 4,15.$$

Так как в данном случае в наличии имеется лишь один вариант решения задачи, то, следовательно, он и предполагается лучшим.

Заключение

1. Выявлена синхронность в динамике интегральных значений ОА и ЭРОА атмосферного радона и ПП альфа-излучения на годовом масштабе.

2. Регрессионный и корреляционный анализ между ОА изотопов радона и плотностью потоков альфа- и бета-излучений, позволили определить:

- очень слабую корреляцию между мгновенными значениями ОА изотопов радона, ДПР радона и ПП альфа-, бета-излучений при рассмотрении периодов от месяца и более;

- значимые корреляции между мгновенными значениями ОА радона и ПП альфа-излучения только в отдельные периоды года длительностью от нескольких дней до нескольких недель;

- значимую корреляцию между интегральными (средними за месяц) значениями ОА радона ($K=0,57$) и ЭРОА радона ($K=0,71$) и ПП альфа-излучения.

3. Нарушение радиоактивного равновесия между ОА радона и его ДПР в приземной атмосфере происходит при вертикальном ветре скоростью >0 м/с, направленного вверх от земной поверхности и в периоды выпадения осадков. Это, в свою очередь влияет на взаимосвязь между характеристиками поля радона и альфа-фона.

4. Объяснением того, что не обнаружено значимой корреляции между характеристиками радонового поля и ПП бета-излучения, является превалирующее влияние почвенных радионуклидов на суммарный бета-фон атмосферы.

5. Мониторинг альфа-фона может заменить мониторинг интегральных значений ЭРОА радона в приземной атмосфере.

Список литературы

1. Яковлева В.С., Методы и приборы контроля полей α , β , γ -излучений и радона в системе «грунт-атмосфера» // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Томск – 2013.
2. D. Jasaitis, D. Asta, G. Aloyzas, Variation of activity concentration of radon decay products in the Curonian Spit // Lietuvos mokslų akademija, 2012. Vol. 58. No. 4. P.405–412.
3. S. D. Chambers, S.-B. Hong, A. G. Williams¹, J. Crawford¹, A. D. Griffiths, and S.J. Park, Characterising terrestrial influences on Antarctic air masses using Radon-222 measurements at King George Island // Atmos. Chem. Phys., 14, 9903–9916, 2014.
4. , Hee-Jung Ko, Chul-Goo Hu, Haeyoung Lee, Chulkyu Lee, Chambers, A. G. Williams and Chang-Hee Kang, Background Level of Atmospheric Radon-222 Concentrations at Gosan Station, Jeju Island // Bull. Korean Chem. Soc. 2014, Vol. 35, No. 4, 1149.
5. Koseki Hayashi, Yumi Yasuoka, , Hiroyuki Nagahama, Jun Muto, Tetsuo Ishikawa, Yasutaka Omori, Toshiyuki Suzuki, Yoshimi Homma, Takahiro Mukai, Normal seasonal variations for atmospheric radon concentration: a sinusoidal model // Journal of Environmental Radioactivity 139 (2015) P.149-153.
6. Y. Katsuhiro, and Takao IIDA, and K. Yoon Shin, Seasonal Variation in Radon Concentration in the Atmosphere Simultaneously Measured in Donghae on Korean Peninsula, Matsue on Shimane Peninsula and Oki Island in the Sea of Japan // Journal of Nuclear science and technology, Supplement 5, p. 639–642 (June 2008).
7. D. E. Tchorz-trzeciakiewicz and A. T. Solecki, Seasonal variation of radon concentrations in atmospheric air in the Nowa Ruda area (Sudety Mountains) of southwest Poland // Geochemical Journal, Vol. 45, p. 455- 461, 2011.
8. Daniela Gurau, Doru Stanga, Mitica Dragusin, Review of the principal mechanism of radon in the environment // P.O.B. MG-6-077125, 2014.
9. Karol H, Monika M, Martin B, Oľga H, Terézia M, Outdoor 222Rn behaviour in different areas of Slovakia// NUKLEONIKA 2016;61(3):281-288 doi: 10.1515/nuka-2016-0047.

10. S. D. Chambers, S.-B. Hong, A. G. Williams¹, J. Crawford¹, A. D. Griffiths, and S.J. Park, Characterising terrestrial influences on Antarctic air masses using Radon-222 measurements at King George Island // *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 9903–9916, 2014.
11. Won-Hyung Kim, Hee-Jung Ko, Chul-Goo Hu, Haeyoung Lee, Chulkyu Lee, Chambers, A. G. Williams and Chang-Hee Kang, Background Level of Atmospheric Radon-222 Concentrations at Gosan Station, Jeju Island // *Bull. Korean Chem. Soc.* 2014, Vol. 35, No. 4, 1149.
12. Березина Е. В., Приземные концентрации и потоки радона на территории России, и оценки биогенных эмиссий углекислого газа, метана и сухого осаждения озона» // Диссертация на соискание к.ф.-м.н, Москва 2014
13. Кукин П.П. Безопасность технологических процессов и производств: учеб. Пособие / П.П. Кукин, В.Л. Лапин – М., Высшая школа, 1999 – С.318.
14. Об основах охраны труда в Российской Федерации: Федеральный закон от 17 июля 1999 № 181 – ФЗ // *Российская газ.* – 1999 – 24.07. – С.4.
15. 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.
16. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность [Текст]. – Введ. 1983-01-07. – М.: Издательство стандартов, 1988 – С.2.
17. 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.
18. В.С.Яковлева, А.В.Вуколов, И.А.Гвай, Д.А.Нейман, П.М.Нагорский; Исследование сдвига радиоактивного равновесия между изотопами радона и продуктами их распада в приземной атмосфере // 11.07.2011г . С.4-5.

Приложение 1 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта</p> <p>С1. Доступность и низкая цена на детекторы. С2. Оптимальное соотношение простоты и эффективности методики. С3. Относительная простота обработки результатов.</p>	<p>Слабые стороны проекта</p> <p>Сл1. Необходимо большое количество измерений для оптимальной точности результата. Сл2. Влияние погодных и сезонных условий на измерения. Сл3. Вертикальная турбулентность.</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Заменить дорогостоящие радиометры более дешевыми Альфа-, Бета-детекторами. 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. Более дешевые Альфа-, Бета-детекторы могут заменить дорогие радиометры радона и торона. 2. Эффективность метода дает возможность установить сотрудничество с рядом новых организаций. 3. Автоматизация мониторинга и упрощение получения результатов.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p> <p>1. Необходимость в большом количестве измерений приводит к низкой оперативности метода.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Повреждения детекторов птицами, вандализм, погодными условиями.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»</p> <p>1. Относительно низкая цена детекторов 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>

№	Исп.	T _{ki} , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ													
			Апрель				Май				Июнь					
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Р	2			▨											
2	Р	4				▨										
3	Р	1				▨										
4	Р	5					▨									
5	С	6						■								
6	С	4							■							
7	С	4								■						
8	С	24													▨	
9	С	1													■	
10	С	4													■	
11	С	4														■

■ - студент; ▨ - руководитель.