

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

Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 14.04.02 Ядерные физика и технологии
Отделение ядерно-топливного цикла

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Особенности вертикального переноса радона из грунта в приземную атмосферу
УДК 539.163:546.2:551.510.7

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ6Б	Нго Тхань Тунг		

Руководитель:

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская М.В.	к.экон.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
14.04.02 Ядерные физика и технологии	Кузнецов М.С.	к.т.н		

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять глубокие, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для теоретических и экспериментальных исследований в области использования ядерной энергии, ядерных материалов, систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов, технологий радиационной безопасности, медицинской физики и ядерной медицины, изотопных технологий и материалов в профессиональной деятельности.
P2	Ставить и решать инновационные инженерно-физические задачи, реализовывать проекты в области использования ядерной энергии, ядерных материалов, систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов, технологий радиационной безопасности, медицинской физики и ядерной медицины, изотопных технологий и материалов.
P3	Создавать теоретические, физические и математические модели, описывающие конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие ионизирующих излучений с веществом и живой материей, физику кинетических явлений, процессы в реакторах, ускорителях, процессы и механизмы переноса радиоактивности в окружающей среде.
P4	Разрабатывать новые алгоритмы и методы: расчета современных физических установок и устройств; исследования изотопных технологий и материалов; измерения характеристик полей ионизирующих излучений; оценки количественных характеристик ядерных материалов; измерения радиоактивности объектов окружающей среды; исследований в радиоэкологии, медицинской физике и ядерной медицине.
P5	Оценивать перспективы развития ядерной отрасли, медицины, анализировать радиационные риски и сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать меры по снижению рисков и обеспечению ядерной и радиационной безопасности руководствуясь законами и нормативными документами, составлять экспертное заключение.
P6	Проектировать и организовывать инновационный бизнес, разрабатывать и внедрять новые виды продукции и технологий, формировать эффективную стратегию и активную политику риск-менеджмента на предприятии, применять методы оценки качества и результативности труда персонала, применять знание основных положений патентного законодательства и авторского права Российской Федерации.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P7	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

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

Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 14.04.02 Ядерные физика и технологии
Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

_____ _____ Кузнецов М.С.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ6Б	Нго Тхань Тунг

Тема работы:

Особенности вертикального переноса радона из грунта в приземную атмосферу
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:
--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1) Результаты анализа научной литературы по вопросам особенностей переноса радона в почвенном воздухе. 2) База данных мониторинга почвенного радона, метеорологических и атмосферно-электрических параметров на экспериментальных площадках ТПУ-ИМКЭС, г. Томск.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) Обзор и анализ литературы по тематике диссертации. Исследованы особенности динамики плотности потока радона с поверхности грунта и объемной активности почвенного радона, измеренной на разных глубинах в грунте. 2) Формирование базы данных по результатам измерения радона в грунте. 3) Статистическая обработка экспериментальных данных по ППР и ОА радона в грунте. Обнаружены сдвиги в наступлении максимумов в суточном ходе, зависящие от глубины. 4) Поиск закономерностей в поведении почвенного радона на суточном, годовом и синоптическом масштабах. Выявлены основные влияющие на вариации исследуемых величин факторы. Анализ и результаты. 5) Выводы и заключение.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская М.В.
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.
Иностранный язык	Кабрышева О.П.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Обзор литературы по тематике диссертации	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ6Б	Нго Тхань Тунг		

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

Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 14.04.02 Ядерные физика и технологии
 Отделение ядерно-топливного цикла
 Уровень образования: Магистратура
 Период выполнения: весенний семестр 2018 учебного года

Форма представления работы:

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.03.2018	<i>Обзор и анализ литературы</i>	
01.04.2018	<i>Изучение оборудования, схемы установки</i>	
10.04.2018	<i>Анализ базы данных по результатам измерений плотности потока радона и объемной активности радона на разных глубинах</i>	
30.04.2018	<i>Статистическая обработка экспериментальных данных. Поиск закономерностей в поведении почвенного радона на суточном, годовом и синоптическом масштабах.</i>	
14.05.2018	<i>Выявление влияющих факторов</i>	
31.05.2018	<i>Оформление пояснительной записки, презентации</i>	

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
14.04.02 Ядерные физика и технологии	Кузнецов М.С.	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ6Б	Нго Тхань Тунг

Институт	Инженерная школа ядерных технологий	Кафедра	Отделение ядерного топливного цикла
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии

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

<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> 2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> 3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> 	<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:

<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Анализ конкурентных технических решений - SWOT-анализ
<ol style="list-style-type: none"> 2. <i>Формирование плана и графика разработки научного исследования</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Иерархическая структура работ - Календарный план-график реализации проекта
<ol style="list-style-type: none"> 3. <i>Составление бюджета научного исследования</i> 	<p>Бюджет НИР:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Расчет материальных затрат; - Расчет амортизации оборудования; - Затраты на оплату труда исполнителей; - Отчисления во внебюджетные фонды; - Накладные расходы
<ol style="list-style-type: none"> 4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности исследования</i> 	<p>Определение ресурсоэффективности НИ</p>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Карта конкурентных технических решений</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>Иерархическая структура работ</i> 4. <i>Календарный план проекта</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 5. <i>Линейный план-график проекта</i> 6. <i>Бюджет проекта</i> 7. <i>Определение ресурсоэффективности проекта</i>
---	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская М.В.	к.экон.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ6Б	Нго Тхань Тунг		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ6Б	Нго Тхань Тунг

Институт	Инженерная школа ядерных технологий	Кафедра	Отделение ядерного топливного цикла
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места на предмет возникновения	<i>вредных факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, электромагнитные поля, ионизирующее излучение); опасных факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).</i>
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	<i>электробезопасность, пожаробезопасность, требования охраны труда при работе на ПЭВМ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	- воздействие на организм человека; - приведение допустимых норм; - предлагаемые средства защиты.
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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ6Б	Нго Тхань Тунг		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме “Особенности вертикального переноса радона из грунта в приземную атмосферу” содержит 104 страниц, 38 рисунков, 17 таблиц, 26 использованных источников, 1 приложение.

Ключевые слова: плотность потока радона, объемная активность радона, динамика почвенного радона, суточные вариации, сезонные вариации, выявления метеорологических параметров.

Объектом исследования являются данные мониторинга плотности потока ионизирующего излучения в городе Томске на экспериментальной площадке Томской обсерватории радиоактивности и ионизирующих излучений.

Цель работы – исследование особенности динамики плотности потока радона из грунта в приземную атмосферу и поиск влияющих факторов.

В процессе исследования проводился поиск закономерностей в поведении почвенного радона на суточном, сезонном, годовом и синоптическом масштабах.

В результате исследования выявлены факторы, влияющие на динамику радона в почве, а также сформированы базы данных по результатам измерения объемной активности радона на разных глубинах.

Степень внедрения: Высокая.

Область применения: Геофизика, сейсмология.

Экономическая эффективность/значимость работы: Высокая.

В будущем планируется продолжать исследования в данной области: пополнять базы данных и уточнять параметры модели переноса радона в геологической среде.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ППР	Плотность потока радона
ОА	Объёмная активность
ТОРИИ	Томская обсерватория радиоактивности и ионизирующих излучений

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	11
1 Литературный обзор.....	13
1.1 Сезонные вариации плотности потока радона с поверхности грунта.....	13
1.2 Сезонные вариации почвенного радона в грунте.....	15
1.3 Суточные вариации плотности потока радона с поверхности грунта.....	19
1.4 Суточные вариации почвенного радона в грунте.....	20
1.5 Влияние метеорологических параметров на динамику радона в грунте и плотности потока радона.....	21
1.5.1 Влияние давления.....	22
1.5.2 Влияние температуры.....	23
1.5.3 Влияние влажности.....	25
1.6 Заключение.....	26
2 Объект и методы исследования.....	27
2.1 Методы измерения плотности потока радона.....	28
2.2 Методы измерения объёмной активности радона в грунте.....	31
2.3 Калибровка детекторов для измерения ППР с помощью радиометра радона Альфарад.....	33
2.4 Заключение.....	36
3 Исследование особенности вертикального переноса радона из грунта в приземную атмосферу.....	37
3.1 Сезонные и суточные закономерности в динамике плотности потока радона и объёмной активности радона.....	37
3.1.1 Сезонные закономерности.....	37

3.1.2 Суточные закономерности.....	42
3.2 Влияющие факторы на динамику ППР и ОА радона в грунте.....	43
3.2.1 Влияющие факторы в суточной динамике.....	43
3.2.2 Влияющие факторы в сезонной динамике.....	47
3.3 Регрессионный анализ.....	49
3.3.1 Регрессионный анализ ППР-ОА на 0,5 м.....	49
3.3.2 Регрессионный анализ ППР-ОА на 1 м.....	50
3.3.3 Регрессионный анализ ОА на 05 и 1м.....	51
3.4 Заключение.....	52
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	55
4.1 Предпроектный анализ.....	55
4.2 Предпроектный анализ.....	59
4.3 Бюджет научно-технического исследования.....	62
4.4 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования.....	68
4.5 Организационная структура проекта.....	69
4.6 Матрица ответственности.....	70
4.7 Определение ресурсной эффективности исследования.....	71
5 Социальная ответственность.....	74
5.1 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ.....	75
5.2 Анализ выявленных вредных факторов.....	78
5.3 Анализ выявленных опасных факторов.....	81
6 Заключение.....	86
7 Список использованных источников.....	88
8 Приложение А.....	91

ВВЕДЕНИЕ

Радон изучен во многих целях, таких как оценка воздействия облучения человека радоном и его продуктами распада [2]. Информация о распределении плотности потока радона с поверхности Земли считается полезной для выявления районов с высоким риском высокого уровня радона для населения.

Воздействие радона и его дочерних продуктов деления на организм человека составляет более 50% общей дозы облучения, получаемой от природных источников. ^{222}Rn образуется при альфа-распаде ^{226}Ra . Это происходит из-за естественного распада урана, который встречается почти во всех типах почв, хотя концентрации сильно различаются. Обычно он поднимается с земли в воздух. Радон распадается с периодом полураспада 3,8 дня, в течение которых вырабатываются короткие дочерние продукты деления, а именно ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi и ^{214}Po . Некоторые атомы покидают почву и попадают в окружающий воздух или воду. Его продукты распада, особенно ^{218}Po и ^{214}Po , могут оказывать неблагоприятное воздействие на ткани легких, что приводит к раку легких во многих случаях.

Радон представляет собой благородный газ и таким образом не способен образовывать истинные химические соединения, которые могут воспрепятствовать его свободному передвижению в почве. Как только радон свободно двигаться, когда он оставил ее оригинальные матрицы через процесс эманации, это может привести к различным механизмам миграции: диффузия, конвекция, транспорт с помощью газа носителя.

В настоящее время опубликованы много статей о динамике плотности потока радона и объёмной активности почвенного радона во многих странах.

Цель данной работы – исследование особенностей динамики плотности потока радона из грунта в приземную атмосферу и поиск влияющих факторов.

Задачи:

1. Обзор и анализ литературы по тематике диссертации. Исследованы особенности динамики плотности потока радона с поверхности грунта

и объемной активности почвенного радона, измеренной на разных глубинах в грунте.

2. Формирование базы данных по результатам измерения радона в грунте.
3. Статистическая обработка экспериментальных данных по ППР и ОА радона в грунте. Обнаружены сдвиги в наступлении максимумов в суточном ходе, зависящие от глубины.
4. Поиск закономерностей в поведении почвенного радона на суточном, годовом и синоптическом масштабах. Выявлены основные влияющие на вариации исследуемых величин факторы. Анализ и результаты.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Сезонные вариации плотности потока радона с поверхности грунта

Оценка глобального распределения плотности потока радона с поверхности Земли [2] за период 1979-2007 гг с использованием модели выдоха радона показывает, что глобальное среднее значение плотности потока за этот 29-летний период оценивалось в $21,3 \text{ мБк/м}^2\text{с}$.

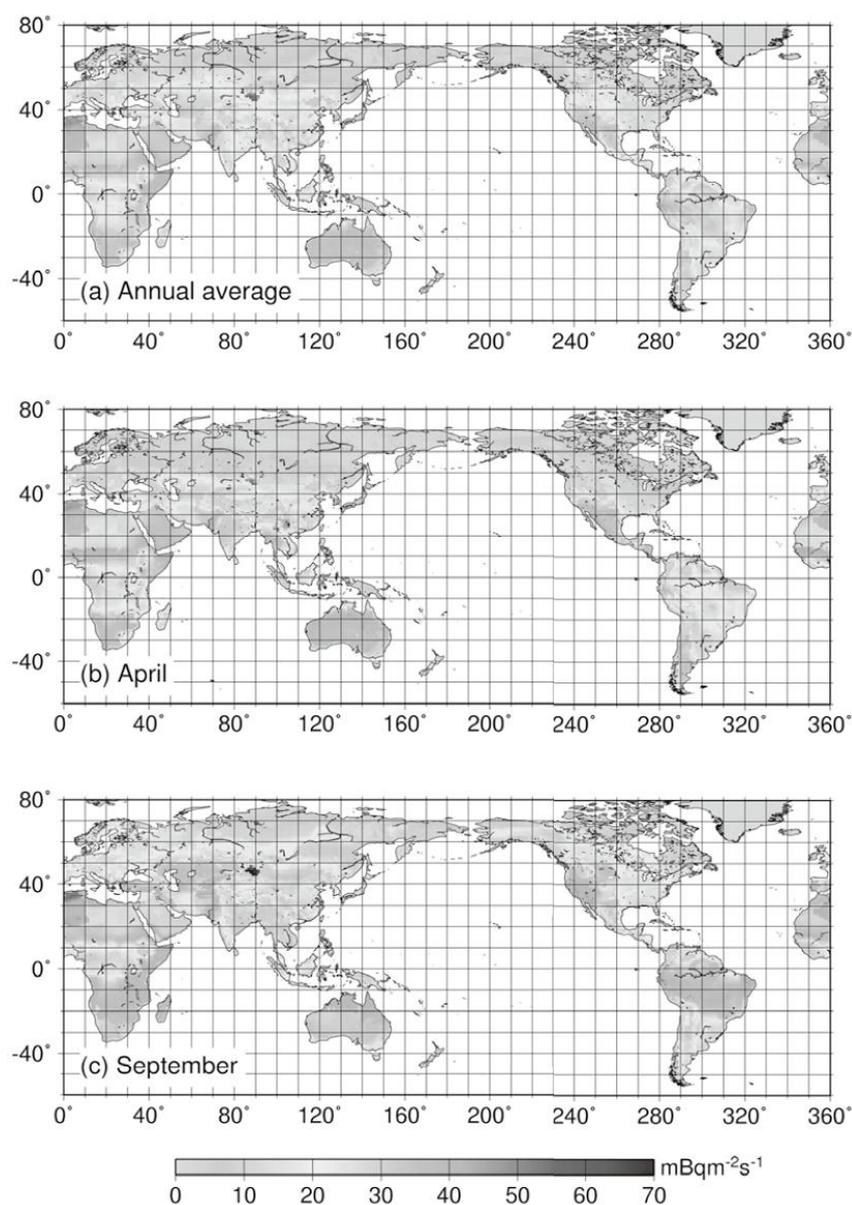


Рисунок 1.1 Глобальное распределение плотности потока радона, усредненное за период с 1979 по 2007 год: (а) среднегодовые, (б) состав распределения в апреле, (с) Состав распределения в сентябре [2]

Распределение плотности потока имело годовые и сезонные колебания. Среднее значение для плотности потока радона в период с 1999 по 2007 год показывает небольшое увеличение 1 мБк/м²с.

Существуют значительные региональные различия, например, в северной части Северной Америки и в Австралии разница 4 раза.

Напротив, сезонные колебания, усредненные за 29-летний период, велики, начиная с минимума в марте до максимума в сентябре, увеличиваясь в 1,26 раза.

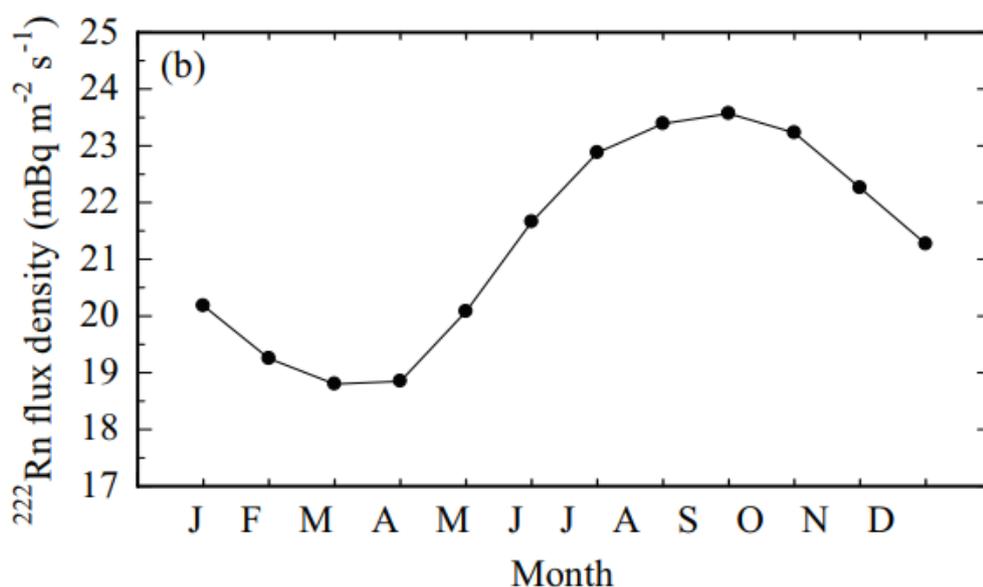


Рисунок 1.2 Сезонные вариация глобальной плотности потока радона за период с 1979 по 2007 год [2]

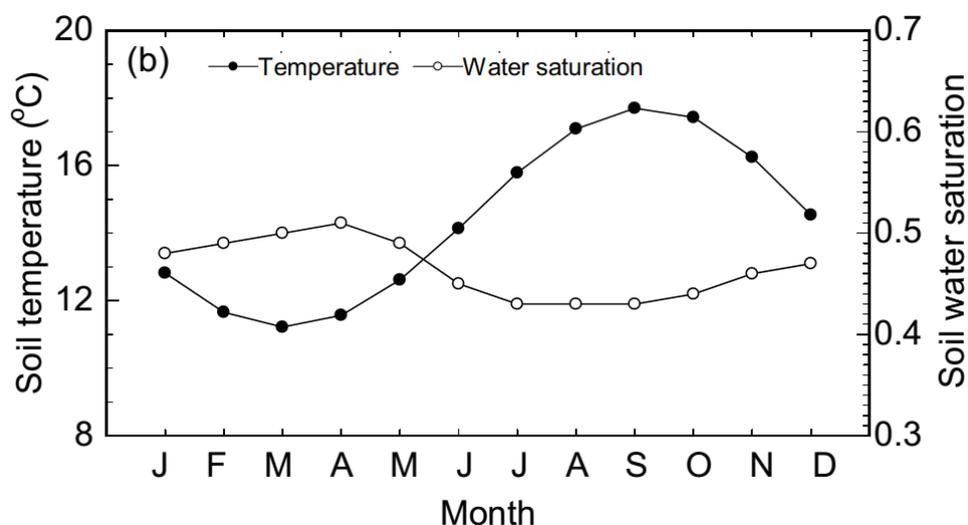


Рисунок 1.3 Сезонные вариация глобальной плотности потока радона за период с 1979 по 2007 год [2]

Было обнаружено, что наиболее существенным фактором, вызывающим изменения месячной плотности потока, является содержание воды в почве, за которой следует содержание ^{226}Ra и, что менее важно, температура почвы.

Топографическая прочность поверхности земли увеличивает плотность потока радона на 2% в глобальном масштабе, но более чем на 10% в горных районах [2]. На плотность потока радона серьезно влияет неопределенность в водонасыщенности. Оценка глобального распределения плотности потока радона может быть улучшена за счет учета зависимости коэффициента эманации от текстуры почвы.

1.2 Сезонные вариации почвенного радона в грунте

Сезонные вариации почвенного радона были исследованы в [1], [3] и [17]. Изучение сезонных изменений радона в почвенном газе является очень эффективным с целью расчета риска и вклада источников радона в концентрацию радона в помещении на конкретном участке.

Статические параметры почвы в зависимости от размера зерен, пористости, типа почвы и метеорологических параметров играют важную роль в выбросе радона из различной среды [17].

Радон постоянно измеряется в почвенном газе в кампусе Бадшахи-Тау, Техри Гарваль в Гималаях, с использованием эманометра радона с декабря 2002 года. Аномалии радона в почвенном газе связаны с метеорологическими параметрами, зарегистрированными на месте измерения. Различия в средних концентрациях радона в почвенном газе в разные сезоны приведены в таблице 1.1. Основными метеорологическими параметрами, которые влияют на эманацию радона, являются окружающая температура, барометрическое давление, скорость ветра и дождь. Зарегистрированные значения температуры воздуха, относительной влажности, дождя в исследуемой зоне приведены в таблице 1.2.

Концентрация радона в почвенном газе регистрировалась непрерывно на контрольном участке с марта 2004 года по май 2006 года. В этот период концентрация радона в почвенном газе была изменена от 557 Бк/м³ до 10336 Бк/м³.

Таблица 1.1 Среднемесячное значение радона, зарегистрированное в почвенном газе с сезонным средним и стандартным отклонением [17]

Months	Soil-gas radon concentration (Bq/m ³)	Standard deviation	Average for one season (Bq/m ³)
Dec-02	N.A	N.A	N.A
Jan-03	N.A	N.A	N.A
Feb-03	N.A	N.A	N.A
Mar-03	N.A	N.A	N.A
April-03	N.A	N.A	N.A
May-03	N.A	N.A	N.A
Jun-03	N.A	N.A	N.A
Jul-03	N.A	N.A	N.A
Aug-03	N.A	N.A	N.A
Sep-03	N.A	N.A	N.A
Oct-03	N.A	N.A	N.A
Nov-03	N.A	N.A	N.A
Dec-03	N.A	N.A	N.A
Jan-04	N.A	N.A	N.A
Feb-04	N.A	N.A	N.A
Mar-04	1445	1918	
April-04	2338	1403	
May-04	1945	4099	1982
Jun-04	1718	1753	
July-04	557	313	
Aug-04	7035	3751	3532
Sep-04	1072	913	
Oct-04	8708	8449	
Nov-04	10336	5621	8248
Dec-04	6925	913	
Jan-05	3819	2430	
Feb-05	4461	3853	3177
Mar-05	1859	843	
April-05	3956	3567	
May-05	4221	2579	3990
Jun-05	3728	2075	
Jul-05	2246	2362	
Aug-05	5912	4057	5968
Sep-05	8584	6084	
Oct-05	8348	5030	
Nov-05	7996	3664	8085
Dec-05	7656	3869	
Jan-06	3889	4186	
Feb-06	1409	814	4446
Mar-06	6253	3911	
April-06	3438	2755	
May-06	1917	916	3148

Таблица 1.2 Среднемесячные значения метеорологических параметров [17]

Months	Average temperature (°C)		Average relative humidity (%)		Average rain fall (mm)
	Min	Max	Min	Max	
Dec-02	1.3	14.2	50.1	71.2	0.5
Jan-03	1.6	12.5	52.7	70.3	2.1
Feb-03	1.4	11.2	64.7	82.1	10.4
Mar-03	5.0	16.8	55.6	76.6	1.2
April-03	9.6	23.1	38.9	57.5	1.8
May-03	11.1	26.1	33.9	52.9	0.8
Jun-03	14.9	26.0	61.7	77.0	1.8
July-03	15.3	23.6	81.0	95.7	13.4
Aug-03	15.2	23.3	83.4	96.3	6.6
Sep-03	14.1	22.0	88.6	95.8	2.7
Oct-03	8.2	22.2	51.3	68.7	0.0
Nov-03	4.0	17.8	50.3	75.2	0.0
Dec-03	1.2	12.7	61.5	85.0	0.9
Jan-04	0.4	11.0	65.6	86.7	3.9
Feb-04	4.1	14.1	57.3	86.8	0.1
Mar-04	10.2	22.0	30.0	60.3	0.0
April-04	12.1	24.3	42.9	64.3	1.6
May-04	14.6	26.0	41.0	62.3	1.5
Jun-04	15.5	24.2	68.9	84.3	4.0
Jul-04	16.5	22.9	82.2	93.9	12.5
Aug-04	16.2	22.5	84.0	97.8	8.5
Sep-04	14.7	22.7	80.8	96.7	5.4
Oct-04	8.8	18.7	69.3	86.7	3.5
Nov-04	5.5	16.4	65.5	93.8	0.0
Dec-04	3.3	14.4	60.5	81.3	0.1
Jan-05	0.9	10.7	70.5	89.2	1.2
Feb-05	2.0	10.8	70.1	87.2	4.2
Mar-05	6.4	17.6	60.3	72.5	2.4
April-05	9.7	23.4	34.4	52.9	0.5
May-05	11.6	26.6	36.0	63.0	0.8
Jun-05	14.7	29.3	33.5	59.3	0.4
July-05	15.8	22.2	86.7	97.5	13.2
Aug-05	15.4	22.8	84.0	96.0	3.4
Sep-05	13.7	22.1	82.1	94.2	7.0
Oct-05	9.6	20.8	69.6	90.8	0.05
Nov-05	5.4	18.5	48.9	72.0	0.0
Dec-05	3.2	16.3	41.3	70.6	0.0
Jan-06	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Feb-06	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Mar-06	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
April-06	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
May-06	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

В 2004 году максимальная средняя концентрация радона в почвенном газе осенью составляет в 4,2 раза минимальную концентрацию радона в

почвенном газе летом. В 2005 году максимальная средняя концентрация радона в почвенном газе осенью в 2,5 раза минимальную концентрацию радона в почвенном газе зимой. В 2006 году максимальная средняя концентрация радона в почвенном газе зимой составляет в 1,4 раза минимальную концентрацию радона в почвенном газе летом. Вариации концентрации радона в почвенном газе показывает, что выброс радона из почвы сильно возмущен метеорологическими условиями участка мониторинга.

Был рассчитан коэффициент корреляции концентрации радонового газа с метеорологическими параметрами. Концентрация радона в почвенном газе показывает отрицательную корреляцию (-0,3) и (-0,2) с максимальной и минимальной температурой в атмосфере соответственно. По мере увеличения температуры приземного грунта увеличивается коэффициент эманации радона с поверхности почвы, что приводит к уменьшению концентрации радона в почвенном газе в отверстии шнека. Концентрация радона в почвенном газе показывает слабую положительную корреляцию (0,1) с минимальной и максимальной относительной влажностью.

Форма ежегодной концентрации активности радона в почвенном воздухе зависит главным образом от типа почвы и температурных изменений наружной атмосферы в течение года, осадков и влажности почвы [3]. В течение лет с сухим летом и холодными зимами наблюдалась антикорреляция между концентрацией активности радона в почве и температурой в атмосфере (рис. 1.4).

Для типа почвы на участке измерения можно наблюдать значительное влияние осадков на концентрацию активности радона. Влияние осадков наиболее сильное в нижних слоях почвы (0,4 м). Было также обнаружено, что временная задержка между осадждением и повышенной концентрацией активности радона зависит от глубины, на которой измерялся радон (рис. 1.5).

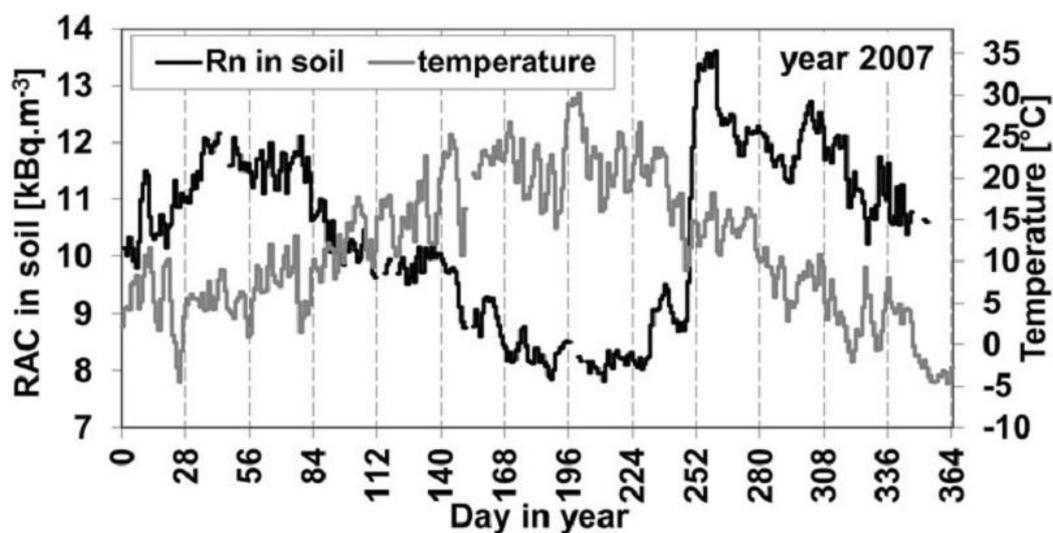


Рисунок 1.4 Средние Средние суточные значения концентрации активности радона в воздухе почвы и температуре наружной атмосферы в 2007 году [3]

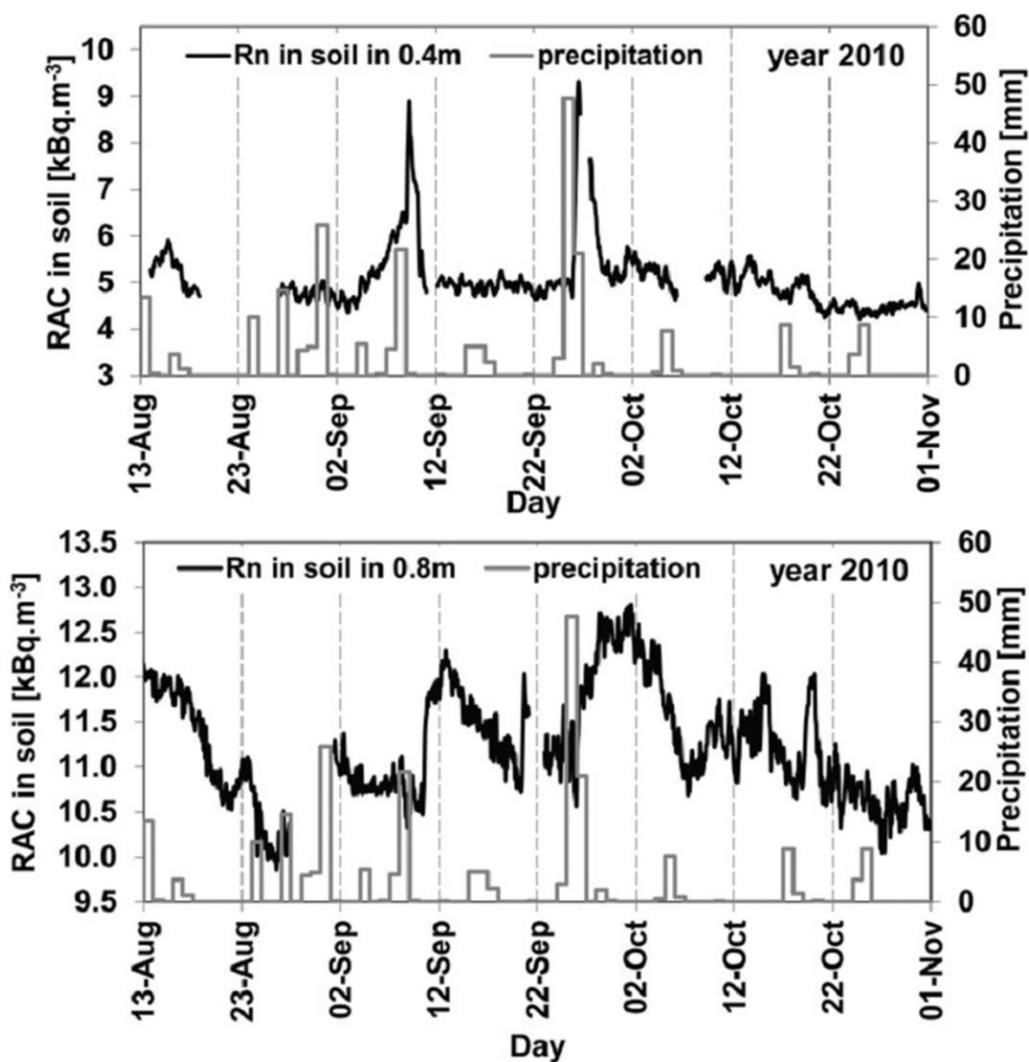


Рисунок 1.5 Влияние дождя на концентрацию активности радона в почвенном воздухе на глубине 0,4 м и 0,8 м в 2010 году [3]

1.3 Суточные вариации плотности потока радона с поверхности грунта

Временные изменения в выдохе радона с поверхности почвы в атмосферу в основном обусловлены временными изменениями в содержании воды в почве [25]. Нагрев поверхности земли солнечным излучением в течение дня и охлаждение в течение ночи вызывают суточные изменения в почвенной воде поверхностного грунта [4].

Поток радона из голого участка (рис. 1.6) проявлял большие изменения в течение нескольких дней, а также меньшие периодические изменения, последние из которых были вызваны суточными изменениями содержания воды в поверхностном грунте, а первые могут быть приписывается главным образом осадкам.

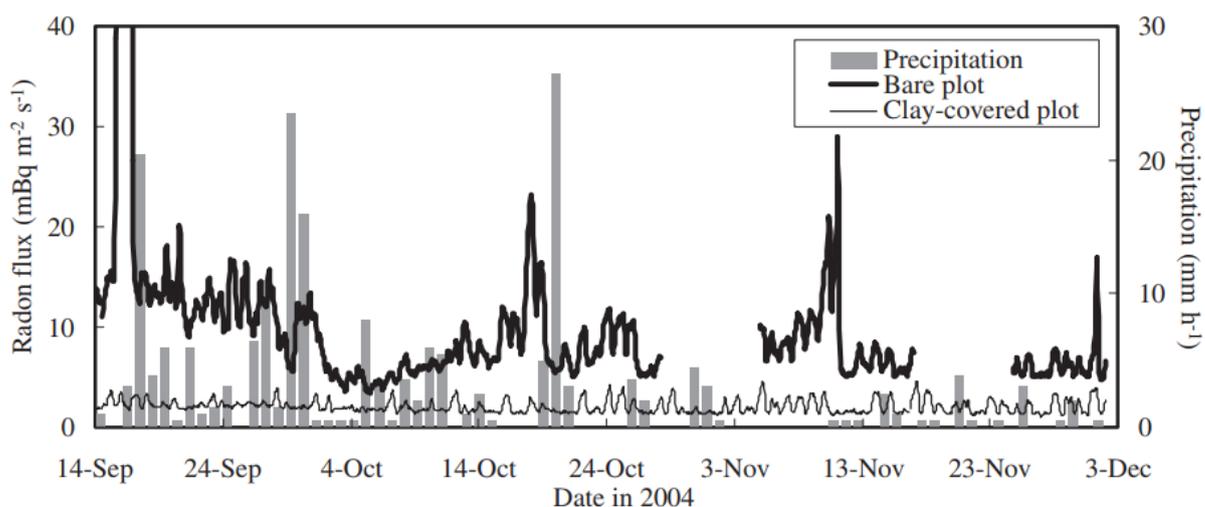


Рисунок 1.6 Временные изменения наблюдаемых осадков и измеренный поток радона на участке [4]

Поскольку не было сильного дождя в течение нескольких дней после установки камеры, поток радона голого участка увеличился до 168 мБк/м².с. Однако после сильного дождя 17 сентября поток резко снизился и оставался низким во время последующих осадков. Поток радона голого участка варьировался в диапазоне 3–168 мБк / м².с со средним значением 10 мБк/м².с. Из-за значительного количества осадков в период измерения поток радона

голового участка был намного ниже, чем в предыдущем исследовании на том же участке.

1.4 Суточные вариации почвенного радона в грунте

Суточные вариации почвенного радона были исследованы в [3] и [6]. Результаты долгосрочного непрерывного мониторинга концентрации активности радона в почвенном воздухе на глубине 0,8 м [3] показывают большую изменчивость с суточными изменениями. Для типа почвы на участке измерения можно наблюдать значительное влияние осадков на концентрацию активности радона. Влияние осадков наиболее сильное в нижних слоях почвы (0,4 м). Было также обнаружено, что временная задержка между осадждением и повышенной концентрацией активности радона зависит от глубины, на которой измерялся радон.

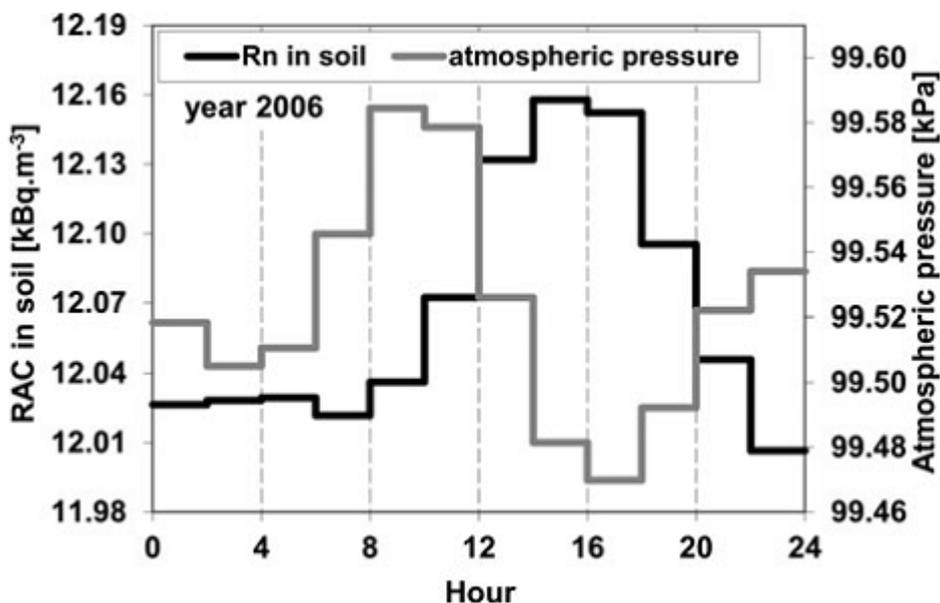


Рисунок 1.7 Среднесуточные курсы атмосферного давления и концентрации радоновой активности в почвенном воздухе [3]

Суточные вариации концентрации активности радона в почвенном воздухе на глубине 0,8 м можно рассматривать как краткосрочные изменения с точки зрения полураспада радона.

Анализ данных подтверждает, что регулярные суточные вариации концентрации активности радона в почвенном воздухе связаны с ежедневными изменениями атмосферного давления. Увеличение атмосферного давления приводит к снижению концентрации активности радона в приповерхностном слое почвенного воздуха и наоборот [3].

Однако ежедневные изменения атмосферного давления зависят от суточных изменений температуры. Поэтому была изучена связь между ежедневными изменениями концентрации активности радона в почвенном воздухе и суточными изменениями температуры.

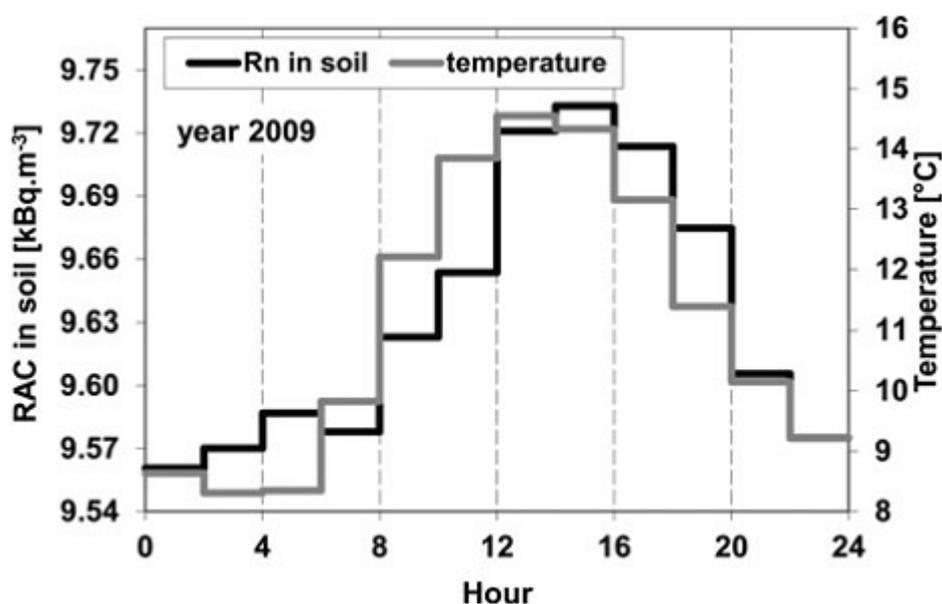


Рисунок 1.8 Средний дневной курс концентрации активности радона в почвенном воздухе и температуре [3]

1.5 Влияние метеорологических параметров на динамику радона в грунте и плотности потока радона

Бывает несколько таких метеорологических параметров, влияющих на динамику радона в грунте и плотности потока радона, как температура, давление и влажность (осадка).

1.5.1 Влияние давления

Временные вариации концентрации радона в почве и атмосферного давления [5], представлены на рисунке 1.13. В дополнение к суточной периодичности концентрации радона, которую также можно наблюдать в вариациях давления, видны как большие пики и глубокие долины в концентрации радона.

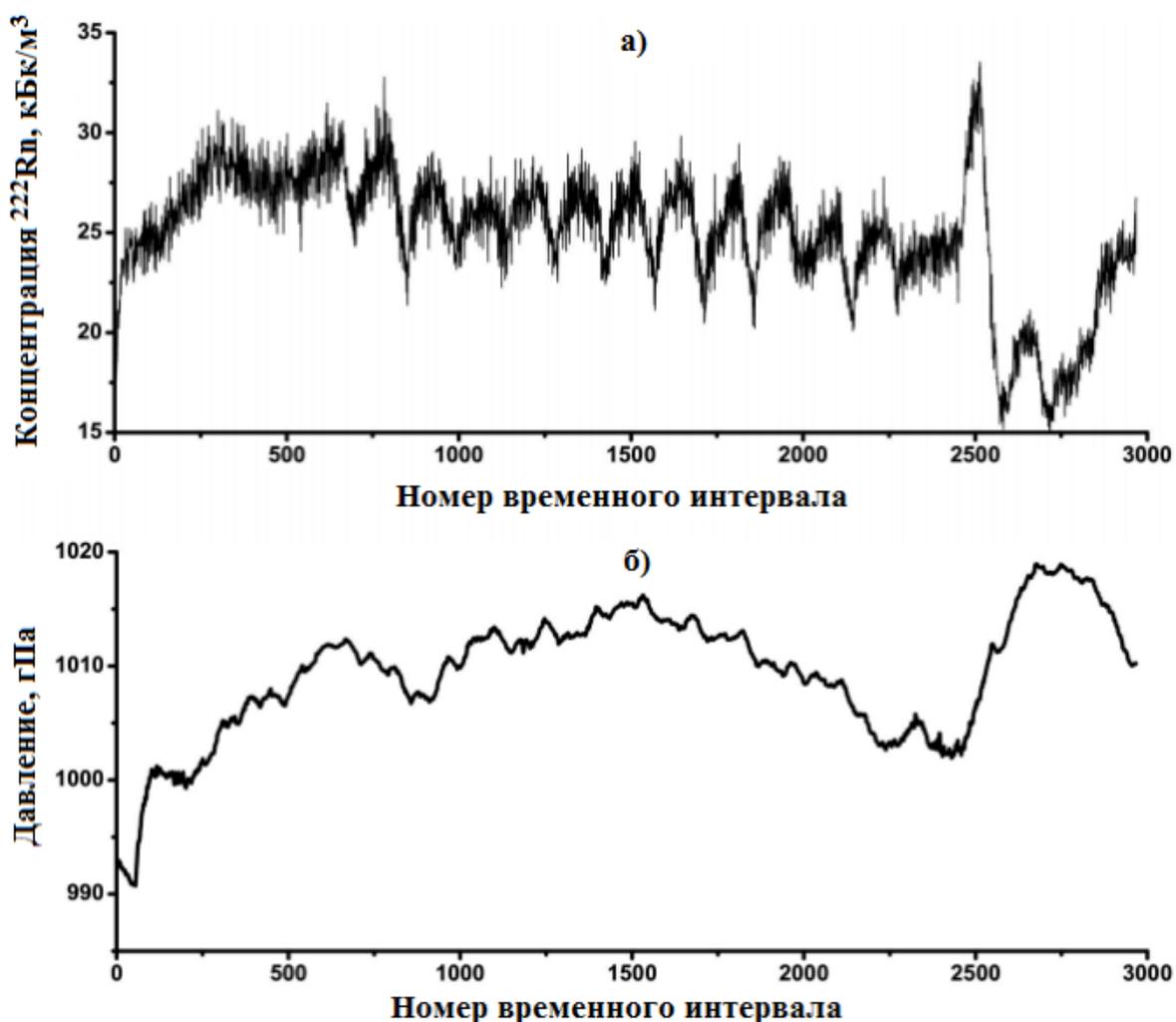


Рисунок 1.9 Изменение концентрации радона в почве в течение времени (10-минутные интервалы) (а), вариации атмосферного давления (б) [5]

Можно видеть около 2500-го чтения, снижение давления соответствует увеличению концентрации радона, и наоборот.

1.5.2 Влияние температуры

Мониторинг радона в почвенном газе с 22 ноября 2004 года выявил изменчивость концентрации активности со временем в университетском городке Университета Хоккайдо в Саппоро, Япония [6]. Было обнаружено, что среди различных факторов, влияющих на уровни и изменчивость почвенного радона, температура была доминирующей в течение трех сезонов, когда концентрации активности радона показали суточный высокий и ночной минимум с границей около 10 часов утра.

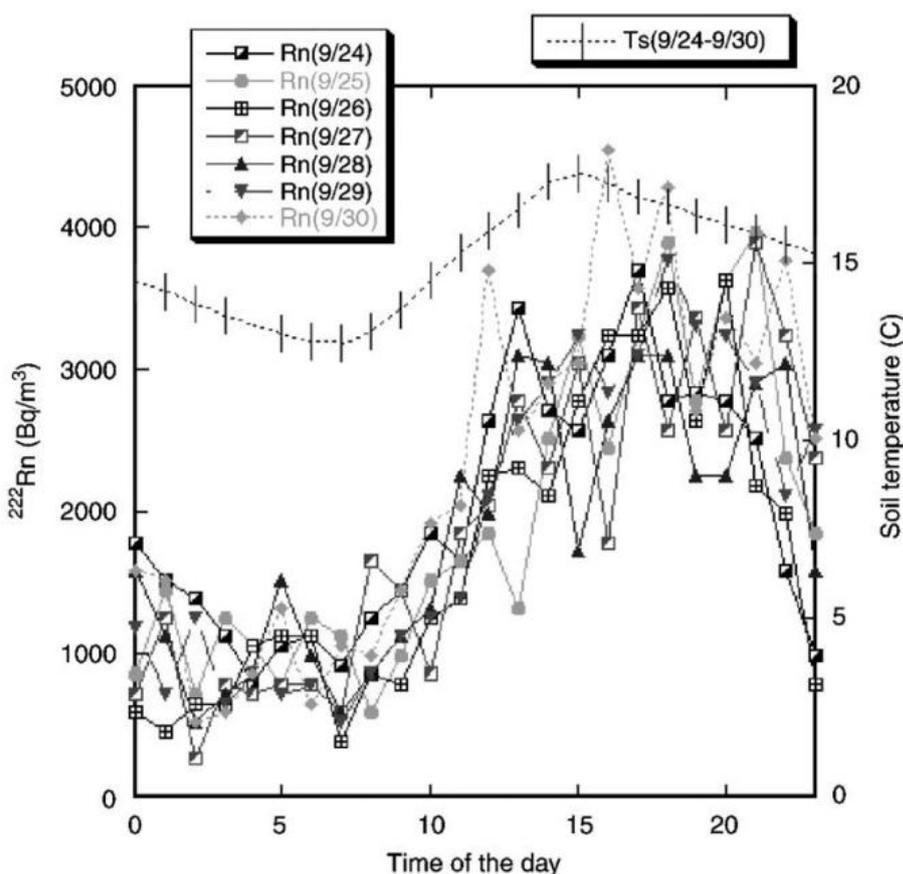


Рисунок 1.10 Почасовое изменение концентрации активности радона в почвенном газе и средней температуры почвы, измеренное на глубине 10 см с 24 по 30 сентября 2005 г [6]

Активность постепенно уменьшалась по мере снижения температуры почвы с конца ноября до середины декабря. После того, как поверхность земли была полностью покрыта снегом, уровни почвенного радона стали небольшими

с небольшими колебаниями. Зимой на графике временного ряда было несколько пиков радона.

На рисунке 1.10 показаны графики временных рядов уровней почвенного радона, а также среднечасовые значения температуры почвы, измеренные на глубине 10 см с 24 по 30 сентября 2005 года. Это характерно для данных, полученных в другое время.

Уровни почвенного уровня радона имеют суточный максимум и ночной минимум. Такая изменчивость сильно связана с атмосферной (и, следовательно, с почвой) температурой, как показано на рисунке. Следовательно, существует хорошая корреляция между дневной концентрацией радона и температурой в почве на глубине 10 см (рис. 1.11). Данные показывают, что повышение температуры почвы на 1°C может привести к увеличению уровня почвенного радона в 740 Бк/м^3 в аналогичных метеорологических условиях по сравнению с периодом наблюдения 24-30 сентября 2005 года.

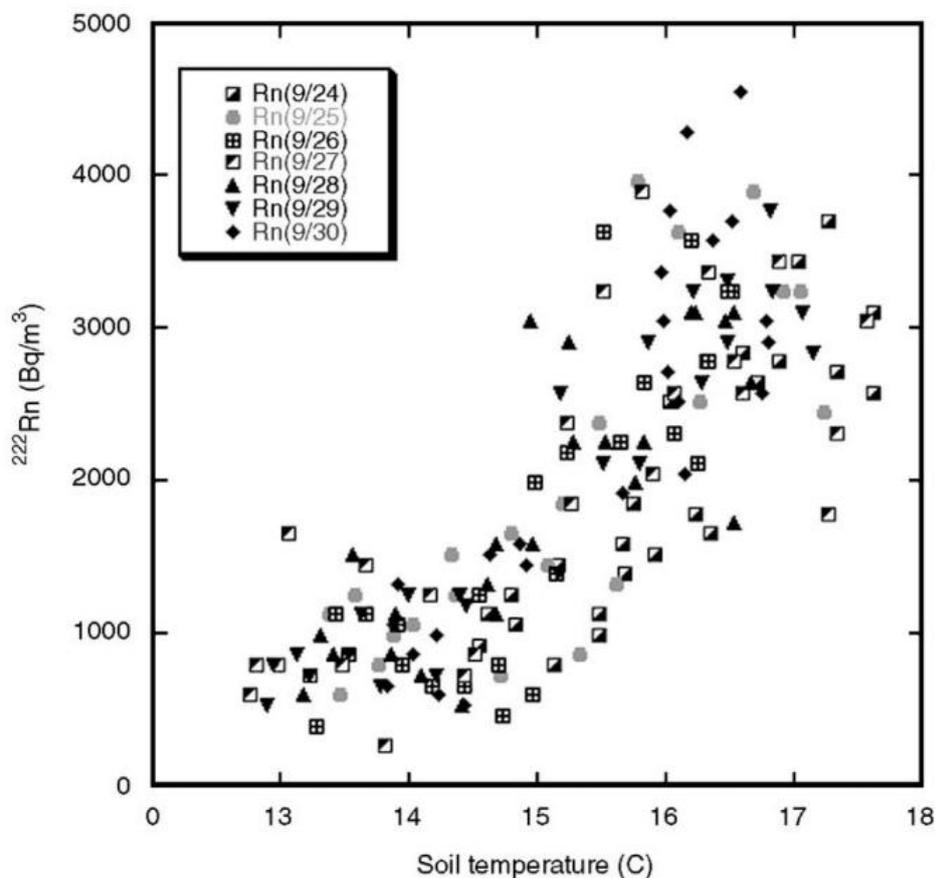


Рисунок 1.11 Взаимосвязь между концентрацией активности радона и температурой почвы с 24 по 30 сентября 2005 г [6]

Было установлено, что температура почвы является наиболее важным фактором, влияющим на уровень и изменчивость почвенного радона. Концентрация активности была низкой зимой, когда поверхность земли была покрыта снегом.

1.5.3 Влияние влажности (осадков)

Изменение заполненной воздухом пористости из-за изменения влажности почвы может быть важным параметром, регулирующим изменчивость почвенного радона.

Была разработана и применена непрерывная измерительная система для измерения скорости выдоха радона почвы в Пекине с 17 апреля 2012 года по 19 февраля 2013 года в небольшом саду в Пекинском университете [7]. Скорость выдоха радона почвы показывает большое разнообразие после осадков, что может увеличиться в ближайшее время, в 2-3 раза больше, чем за 4 часа. Следует обратить внимание на это явление, особенно на урановые хвосты, где скорость выдоха радона может быть довольно высокой. Периодическая вариация выдоха радона почвы была обнаружена весной, но выше в дневное время и ниже ночью, что может быть связано с периодическим изменением влажности почвы.

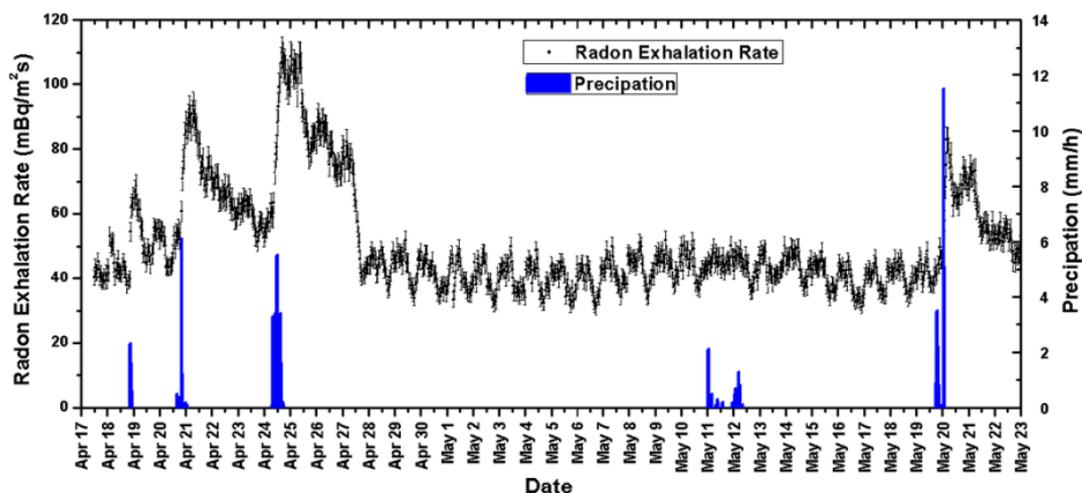


Рисунок 1.12 Непрерывное измерение скорости выдоха радона с 17 апреля по 23 мая [7]

Чтобы проиллюстрировать взаимосвязь между скоростью выдоха радона и осадками, непрерывный результат измерения с 17 по 23 мая показан на рисунке 1.12. Темная точка - это скорость выдоха радона за каждый час, синяя гистограмма иллюстрирует осадки с различными осадками.

Скорость выдоха радона изменяется с осадками. Скорость выдоха радона резко возрастает после дождя. По-видимому, увеличение имеет положительную связь с осадками. Чем больше осадки, тем выше скорость выдоха радона.

1.6 Заключение

В ходе анализа литературного обзора выявлены закономерности, представленные в следующем:

- Измеренные уровни концентрации почвенного радона зимой были систематически ниже, чем летом, и это справедливо для всех изученных образований. Этот результат отражает изменения пористости, проницаемости и влажности почвы, покрывающей геологические образования между двумя сезонами.
- Сезонное изменение усредненной температуры почвы показывает минимальное значение в марте и максимальное значение в сентябре, в то время как сезонные колебания насыщенности почвенной воды показывают минимальное значение с июля по сентябрь и максимальное значение в апреле. Большие сезонные колебания плотности потока радона также связаны с концентрацией воды в почве и температурой почвы.
- Увеличение атмосферного давления приводит к снижению концентрации актие ночи вызывают суточные изменения в почвенной воде поверхностного грунта.
- Существует хорошая корреляция между концентрацией радона и температурой. Концентрация активности была низкой зимой, когда поверхность земли была покрыта снегом.
- Чем больше осадки, тем выше скорость выдоха радона.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для измерения плотности потока радона и измерения объёмной активности радона в грунте использовались высокочувствительные интеллектуальные блоки детектирования БДПА-01, БДПБ-01 (АТОМТЕХ, Беларусь) для измерения плотности потоков ионизирующих излучений. Детекторы ионизирующих излучений, работающие в счетном режиме, опускают в скважину на определенную глубину, при этом не нарушаются процессы переноса газа в грунте [15], в отличие от методов с принудительной откачкой воздуха из скважины для последующего анализа.

На таблице 2.1 приведены основные характеристики блоков детектирования БДПА-01, БДПБ-01 для измерения плотности потоков ионизирующих излучений.

Таблица 2.1 Основные характеристики блоков детектирования

Блоки детектирования альфа-излучения						
Детектор	Диапазон измерения плотности потока альфа-частиц	Диапазон измерения поверхностной активности ^{239}Pu	Диапазон измерения флюенса альфа-частиц ^{239}Pu	Диапазон энергии	Чувствительность к альфа-излучению источника ^{239}Pu имп·с ⁻¹ /част·мин ⁻¹ ·см ⁻²	Габаритные размеры, масса
	Предел основной относительной погрешности измерений					Степень защиты
Сцинтил. ZnS(Ag) 30см ²	0,1-10 ⁵ част·мин ⁻¹ ·см ⁻²	3,4·10 ⁻³ - 3,4·10 ³ Бк·см ⁻²	1-3·10 ⁶ част·см ⁻²	4-7 МэВ	0,15	Ø80x196 мм 0,5 кг
	±20%					IP64
Блоки детектирования бета-излучения						
Детектор	Диапазон измерения плотности потока бета-частиц	Диапазон измерения поверхностной активности $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$	Диапазон измерения флюенса бета-частиц ^{239}Pu	Диапазон энергии	Чувствительность к бета-излучению источника $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ имп·с ⁻¹ /част·мин ⁻¹ ·см ⁻²	Габаритные размеры, масса
	Предел основной относительной погрешности измерений					Степень защиты
Сцинтил. Пластмас-са	1-5·10 ⁵ част·мин ⁻¹ ·см ⁻²	4,4·10 ⁻² - 2,2·10 ⁴ Бк·см ⁻²	1-3·10 ⁶ част·см ⁻²	155кэВ- 3,5 МэВ	0,3	Ø80x196мм 0,5 кг
	±20%					3,5 МэВ

Схема установки детекторов ионизирующих излучений, которые были установлены на экспериментальной площадке ТОРИИ на глубинах 0.5 м и 1 м, приведена на рисунке 2.1.

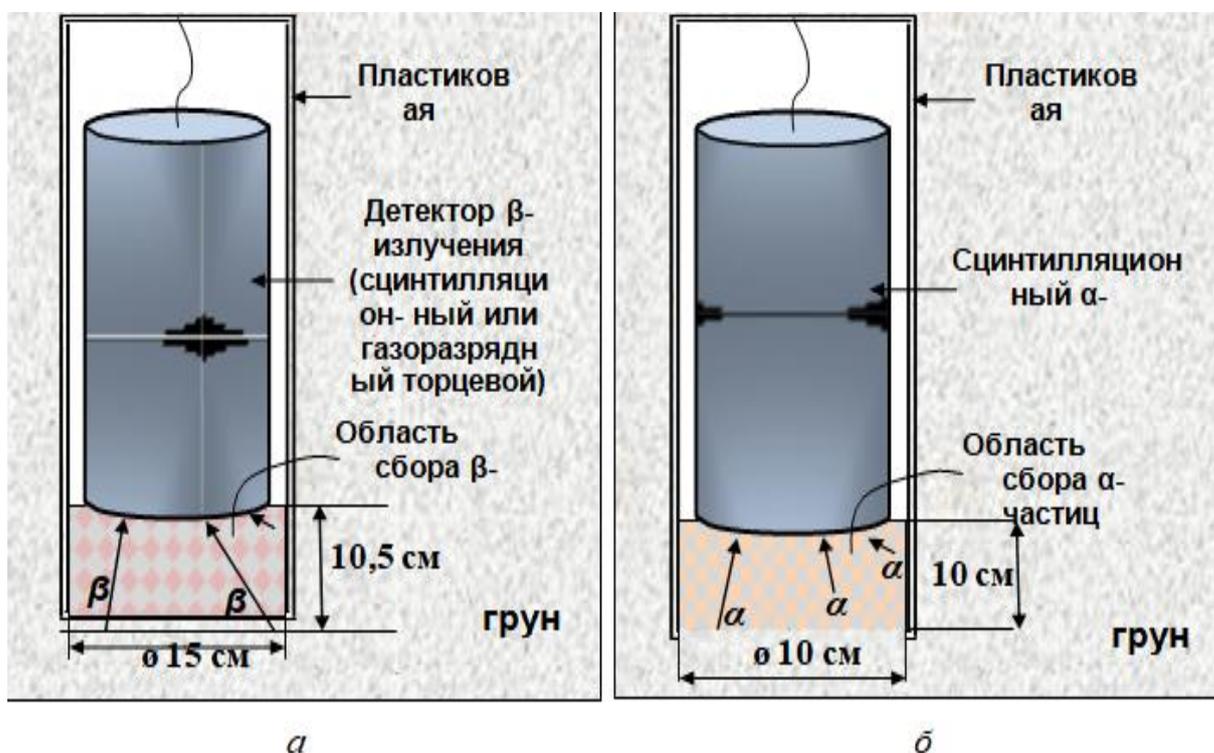


Рисунок 2.1 Область сбора: а) β -излучения ДПР изотопов радона и почвенных радионуклидов; б) α -излучения изотопов радона и их ДПР

2.1 Методы измерения плотности потока радона

В ходе разработки новой методики радиационного мониторинга [12] в Томской обсерватории радиоактивности и ионизирующей радиации (ТОРИИ) были сформулированы требования к методу мониторинга невозмущенной плотности потока радона с поверхности почвы:

- Простая эксплуатация;
- Предоставлять данные с высокой степенью надёжности;
- Быть способным работать непрерывно, долго (по крайней мере, один год) и надёжно в полевых условиях в широком диапазоне изменения давления воздуха, относительной влажности (от 0 до 100%) и температуре (минус 45 °С до 50 °С);

- Иметь автоматизированную систему контроля и записи данных;
- Предоставлять временные ряды данных с высокой частотой дискретизации, не более 30 минут, для исследования суточных вариаций количества;
- Быть недорогой для массового распределения и оснащения сетей мониторинга в разных регионах плотности потока радона.

Метод мониторинга плотности потока радона [13] с поверхности почвы состоит из применения сцинтилляционного (или полупроводникового) детектора α -частицы и камеры накопления.

Детектор α -частиц установлен внутри камеры накопления, чтобы его плёнка расположена не ближе 10 см от поверхности почвы. Такое ограничение позволяет исключить «фон», который может быть определен путем регистрации α -частиц, образующихся в результате распада радионуклидов почвы.

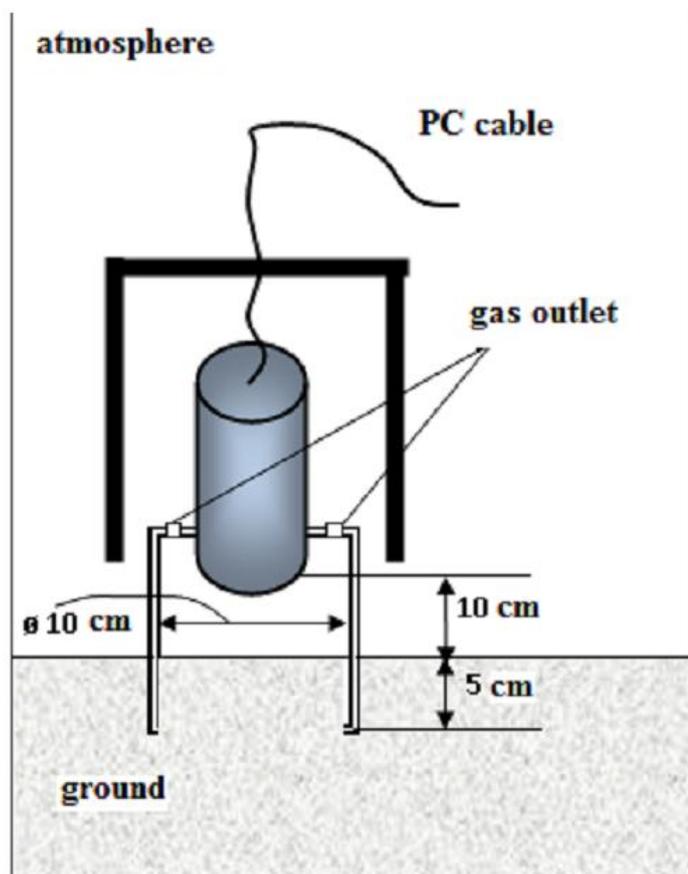


Рисунок 2.3 Схема установки устройства для мониторинга плотности потока радона с поверхности почвы [13]

В накопительной камере имеются вентиляционные отверстия для частичной разрядки почвенного газа и для сохранения полуравновесной концентрации радона внутри камеры накопления. Количество и размер отверстий выбирают в соответствии с условием, что скорость счета импульсов внутри накопительной камеры должна быть не менее чем в 10 раз больше, чем скорость счета импульсов в открытой атмосфере на том же расстоянии от плёнки сцинтилляционного α -детектора с поверхности почвы. Это позволяет нам уменьшить статистическую ошибку результатов измерений.

Плотность потока радона определяется следующим выражением:

$$q_{Rn}(t) = K_{Rn} \frac{N_{Rn+Tn}(t) - N_{Tn}}{\tau},$$

где:

- q_{Rn} - плотность потока радона с поверхности почвы в момент времени t , Бк. $\text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
- K_{Rn} - поправочный коэффициент для преобразования скорости счета импульсов из радоновых и α -излучающих дочерних продуктов его распада в единицы измерения плотности потока радона, Бк. $\text{м}^{-2}/\text{имп}$
- N_{Rn+Tn} - общее количество импульсов из радоновых, торонных и α -излучающих дочерних продуктов их распада в момент времени t , зарегистрированный в пределах одного измерения τ , имп
- N_{Tn} - количество импульсов из торонных и α -излучающих дочерних продуктов его распада, зарегистрированных во время одного измерения τ , имп, который, согласно [14], является константой для определенного места наблюдения и не зависит от времени
- τ - длительность одного измерения, с

Рекомендуемая длительность одного измерения τ составляет от 60 до 900 с [13]. Это определяется требованием к неопределенности результата измерения. Значение τ зависит от технических характеристик выбранного α -детектора частиц, в частности от эффективности регистрации и объемной активности радона в камере накопления. Если детектор α -излучения работает в

режиме счета с высокой частотой дискретизации, он позволяет нам контролировать суточные изменения.

2.2 Методы измерения объёмной активности радона в грунте

Было разработано множество методов измерения объёмной активности радона в почвенном воздухе, разделяющихся, в первую очередь, по регистрируемому изотопу (или смеси):

- непосредственно по радону;
- по смеси изотопов радона и аэрозольных дочерних продуктов их распада;
- только по дочерним продуктам распада (ДПР). Различаются методы измерения и по виду регистрируемого ионизирующего излучения – α , β или γ .

Методы измерения ОА радона по длительности одного измерения можно разделить на 3 группы:

- 1) Интегральные – длительность одного измерения от нескольких дней до месяца. Например: статистический метод с использованием трековых детекторов.
- 2) Квазиинтегральные – от одного до нескольких дней. Например: динамический метод с использованием электретных детекторов; статистический метод с использованием угольных адсорбентов.
- 3) Мгновенные – от десятков минут до нескольких часов. Например: статистический метод с использованием сцинтилляционного, полупроводникового детекторов.

Также все разработанные методы можно классифицировать, в зависимости от целей применения их результатов:

- для однократных измерений, цель которых оценка радоноопасности территорий в радиоэкологии, строительстве, геоэкологии;

- для длительных (непрерывных) измерений, цель которых мониторинг, научные исследования.

Для исследования особенностей переноса радона в почвенном воздухе необходимо использовать метод, позволяющий проводить долгосрочные измерения. Методы, используемые для длительных измерений должны позволять получать временные ряды данных с высокой частотой дискретизации. Поэтому для данных целей используют автоматизированные накопительные камеры в сочетании с одним из мгновенных методов.

В исследованиях динамики почвенного газа радона наиболее распространены методы измерения по α -излучению и откачкой газа из скважин, однако они довольно сложные и дорогостоящие, поскольку требуют отделения радона от газовой-аэрозольной смеси. Схема данного метода представлена на рисунке 2.4.

Менее распространены, однако более удобны для длительного непрерывного мониторинга почвенного радона методы измерения по β - и/или γ -излучению ДПР непосредственно в скважинах. К тому же они на 1-2 порядка дешевле, что позволяет существенно увеличить количество пунктов одновременного мониторинга и расширить тем самым сеть наблюдений. Именно эти методы уже не одно десятилетие используют на станциях мониторинга по всему миру в целях прогноза землетрясений. Главным их достоинством является то, что они позволяют в квазиреальном масштабе получать, обрабатывать и анализировать данные.

Детекторы α -, β - или γ -излучений, опускают в скважину на определенную глубину, при этом не нарушаются процессы переноса газа в грунте, в отличие от методов с принудительной откачкой воздуха из скважины для последующего анализа.

Перевод скорости счета импульсов в величину ОА радона осуществляют посредством умножения на поправочный коэффициент, определяемый, обычно, косвенным методом сравнения результатов с аттестованными радиометрами.

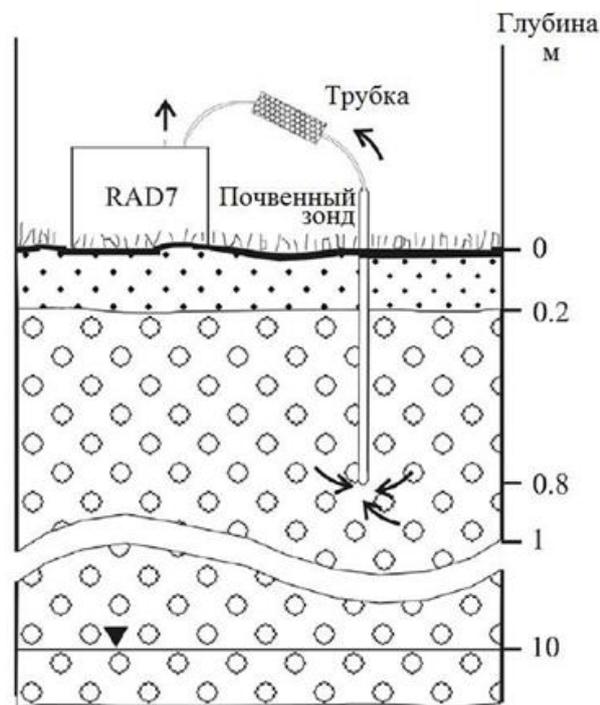


Рисунок 2.4 Схема измерения ОА радона путем откачки за из скважины [16]

Данный метод реализован на территории Томской обсерватории радиоактивности и ионизирующих излучений (ТОРИИ). Комплекс, установленный на экспериментальной площадке ИМКЭС-ТПУ, позволяет производить одновременный мониторинг характеристик разных видов излучений на разных высотах и глубинах.

Таким образом, объектом исследования выступили данные мониторинга плотности потока ионизирующего излучения в городе Томске на экспериментальной площадке ТОРИИ.

2.3 Калибровка детекторов для измерения ППР с помощью радиометра радона Альфарад

Метод измерения: Измерение плотности потока радона-222 (ППР) с поверхности грунта основано на определении количества радона, накопленного в пробоотборнике или в измерительной камере за счет поступления с поверхности грунта известной площади [26].

Выбор и подготовка участков для измерения ППР:

- Вокруг контрольной точки проводится подготовка горизонтального участка размером не менее 0,2x0,2 м² для проведения измерений. Подготовка заключается в зачистке от снега, мусора, растительности и крупных камней, рыхления на глубину 3÷5 см и выравнивания поверхности участка.
- Начинать измерение следует не раньше, чем через 20 минут после подготовки участка.
- При отборе проб соблюдают следующие условия:
 - + температура окружающего воздуха от минус 2°С до + 50°С;
 - + относительная влажность до 100% при + 25°С;
 - + не допускается проведение отбора проб с поверхности мерзлого или залитого водой грунта.

Способ выполнения измерений ППР: Отбор проб радона непосредственно в камеру блока измерения ОА в полевых условиях и измерением на месте отбора проб.

Порядок выполнения измерений ППР:

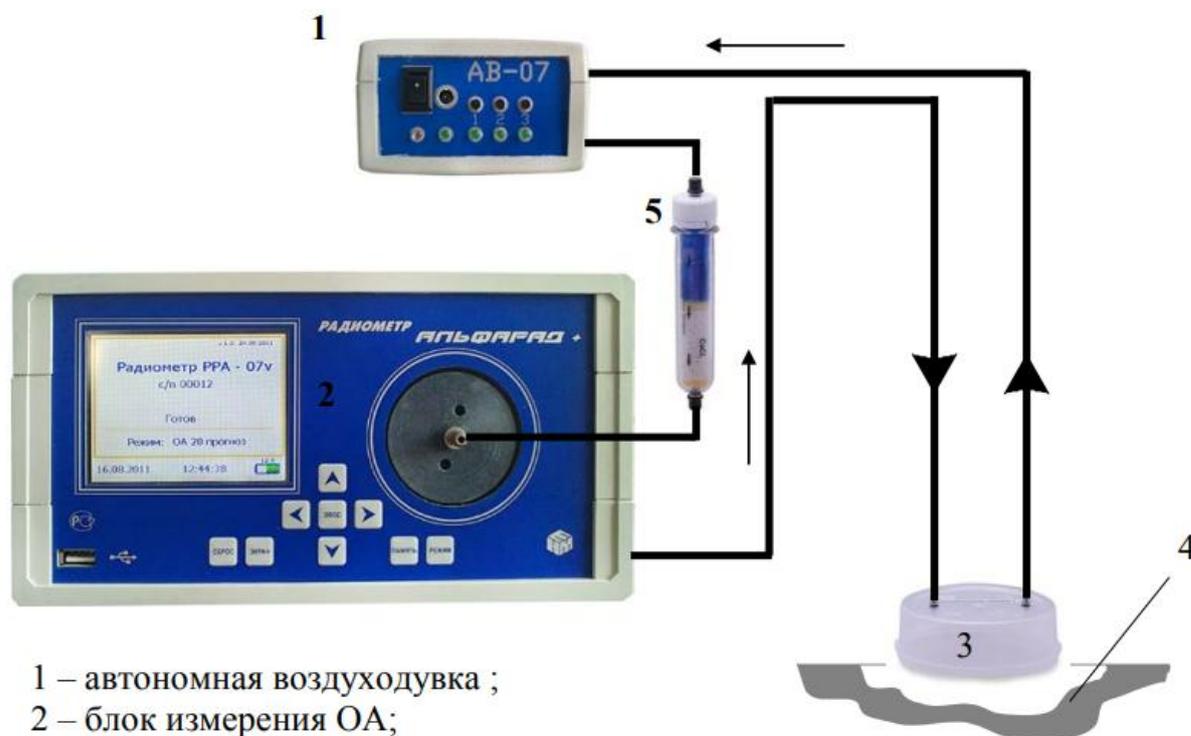
- Из принадлежностей, входящих в комплект, собрать схему в соответствии с рис. 2.2.
- Расположив накопительную камеру не ближе 50 см от поверхности участка, отобрать пробу воздуха, для чего включить автономную воздухоподувку на 5 минут (режим "2").
- По окончании отбора последовательно выбрать из меню пункт «СТАНДАРТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ», режим «ОА 20» и провести измерения. Полученное значение Q_0 , не должно превышать величины: $Q_0 \leq 20 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$. В случае, если условие не выполняется, следует дополнительно прокачать камеру блока измерения ОА и повторить измерения.
- Измерение ППР:
 - Включить автономную воздухоподувку на 5 минут, для чего использовать «РЕЖИМ 2». НЕ ПОЗДНЕЕ 15 секунд после запуска

воздуходувки установить накопительную камеру на очередной подготовленный участок грунта, вдавив нижнюю кромку накопительной камеры в грунт до ограничителя накопительной камеры.

– После автоматического выключения автономной воздуходувки выполнить измерения ОА в измерительной камере:

– Последовательно выбрать из меню пункт «КОМПЛЕКСНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ», войти в режим «ППР» и выбрать «СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ 2».

– Выполнить измерения, длительность которых составляет 20 мин.



- 1 – автономная воздуходувка ;
- 2 – блок измерения ОА;
- 3 – накопительная камера;
- 4 – грунт;
- 5 – патрон-осушитель.

Рисунок 2.2 Схема отбора пробы воздуха для определения ППР

После окончания измерения на экран выводится полученное значение ППР, рассчитанное по соотношению:

$$\text{ППР} = (Q - Q_{\phi}) \cdot \frac{V_2 + V_3}{T \cdot S_2},$$

где:

Q – измеренное значение ОА, Бк. м⁻³

Q_{ϕ} – измеренное значение фона, Бк. м⁻³

V_2 – объем измерительной камеры, л

V_3 – свободный объем накопительной камеры и соединительных трубок,
 $V_3 = 0,563$ л

T – время работы автономной воздуходувки при отборе пробы из накопительной камеры в пробоотборник, с

S_2 – площадь сбора радона с поверхности грунта накопительной камерой,
 $S_2 = 0,0163$ м²

Измерение плотности потока радона с поверхности грунта с Альфарад в 12/05/2018:

$$Q = 72 \text{ Бк. м}^{-3}$$

$$Q_{\phi} = 10 \text{ Бк. м}^{-3}$$

$$V_2 = 0,53 \text{ л}$$

$$T = 1200 \text{ с}$$

$$\rightarrow \text{ППР} = 0,0035 \text{ Бк. м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$$

2.4 Заключение

В течение ряда лет в Томской обсерватории радиоактивности и ионизирующих излучений (ТОРИИ) ведется радиационный мониторинг и его технология постоянно совершенствуется. Данный мониторинг включает длительные непрерывные измерения характеристик полей ионизирующего излучения на разных глубинах.

Метод измерения по вторичным ионизирующим излучением считается более простым и экономичным. Достоинством данного метода измерения является широкий диапазон изменения погодных условий и детекторы позволяют получать данные в квазиреальном масштабе.

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕНОСА РАДОНА ИЗ ГРУНТА В ПРИЗЕМНУЮ АТМОСФЕРУ

Объектом исследования выступили данные мониторинга плотности потока ионизирующего излучения в городе Томске на экспериментальной площадке Томской обсерватории радиоактивности и ионизирующих излучений (ТОРИИ).

Данные настоящего исследования основаны на методе прямой регистрации α -излучения, β -излучения (имп/с), для ППР детекторы расположены внутри накопительной камеры на 5см и 10см от земной поверхности, для ОА радона в отдельных скважинах глубиной 0.5м и 1м. Потом данные были переведены в нормальные СИ единицы путем умножения на поправочные коэффициенты.

Результаты экспериментальных данных радиационного мониторинга за период 10/2016-02/2018 гг. представлены далее на рисунках.

3.1 Сезонные и суточные закономерности в динамике плотности потока радона и объёмной активности радона

3.1.1 Сезонные закономерности

Корреляция годовых динамик плотности потока радона, объёмной активности радона в грунте с метеорологическими параметрами за период с 01/01 по 30/12/2017 показаны на рисунках 3.1 и 3.2.

В общем, плотность потока радона зависит от температуры воздуха. Это видно в жаркое и холодное время года. Максимальное значение плотности потока радона записано в январе, минимальное в апреле. При изменении температуры около 0°C происходит резкое увеличение или уменьшение плотности потока радона. Это происходит из-за замерзания снега или таяния снега.

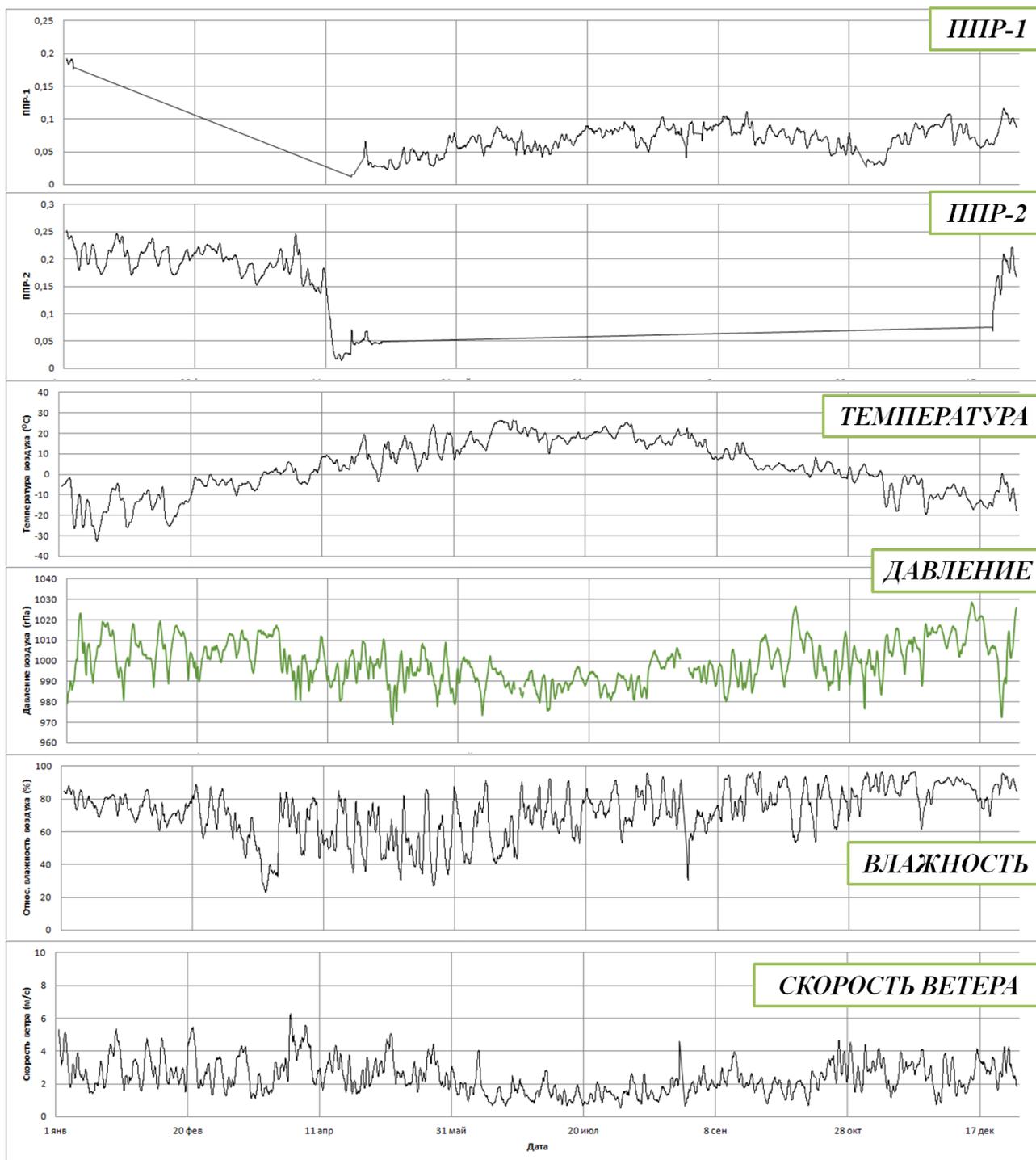


Рисунок 3.1 Годовые динамики плотности потока радона в 2017 года

Годовая вариация объемной активности радона в грунте происходит по температуре неясно. Только заметно, что при высоких температурах ОА на глубинах 0,5 м изменяется с температурой.

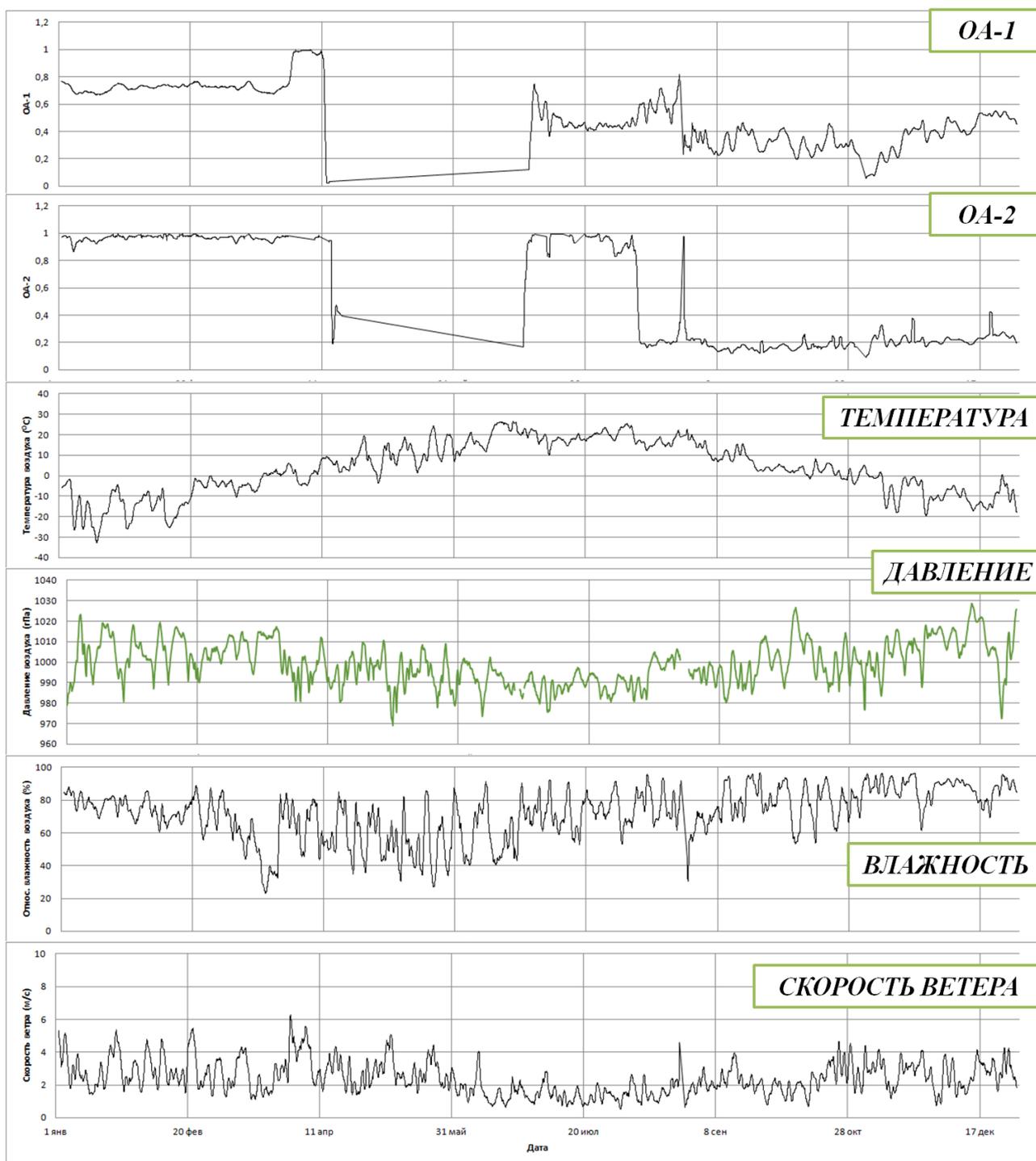


Рисунок 3.2 Годовые динамики ОА радона в 2017 года

Сезонные вариации ППР по α (10см) отражают зависимость от температуры сезонов в Томске. В жаркое время ППР по α (10см) в основном изменяет температуру воздуха довольно равномерно. В холодное время года процесс корреляции обращается обратно пропорционально. Это связано с тем, что снег образует толстый слой на поверхности земли, что стимулирует излучение радона на поверхность.

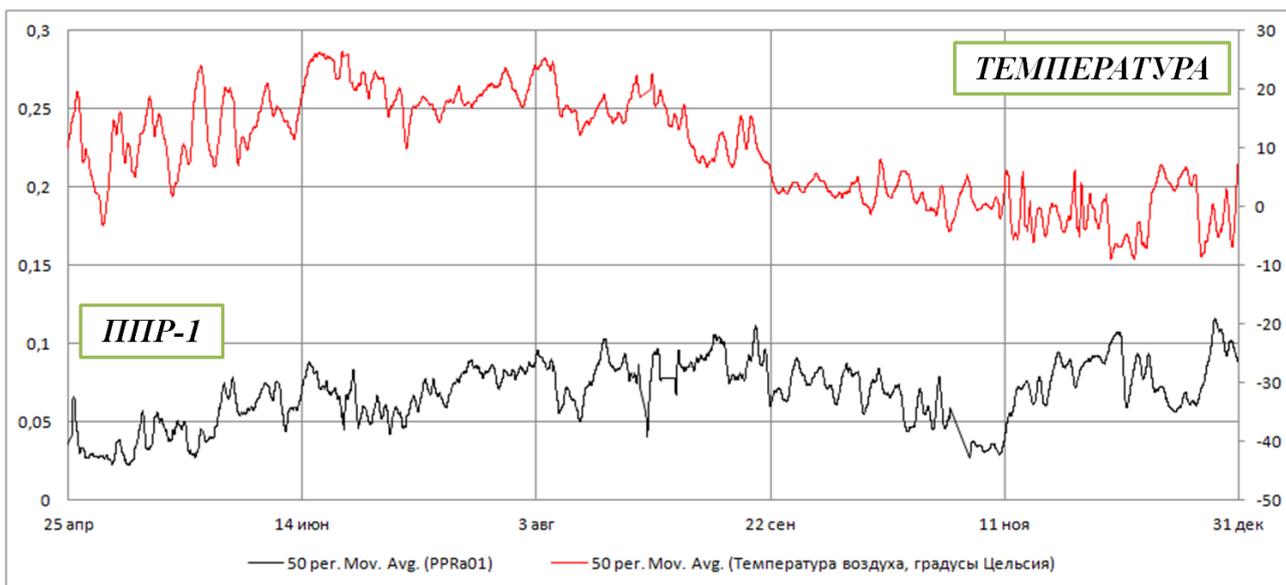


Рисунок 3.3 Корреляция сезонного вариации ППР по α (10 см) с температурой воздуха (25/04-31/12/2017)

Сезонные вариации ППР по α (5 см) и ППР по β (10 см) коррелируют хорошо с температурой воздуха как в жаркое, так и в холодное время года. Однако во время передачи между двумя сезонами произошло внезапное падение ППР по α (5см). Возможно, это связано с тем, что дождь заменил снег, что уменьшает выбросы радона из почвы.

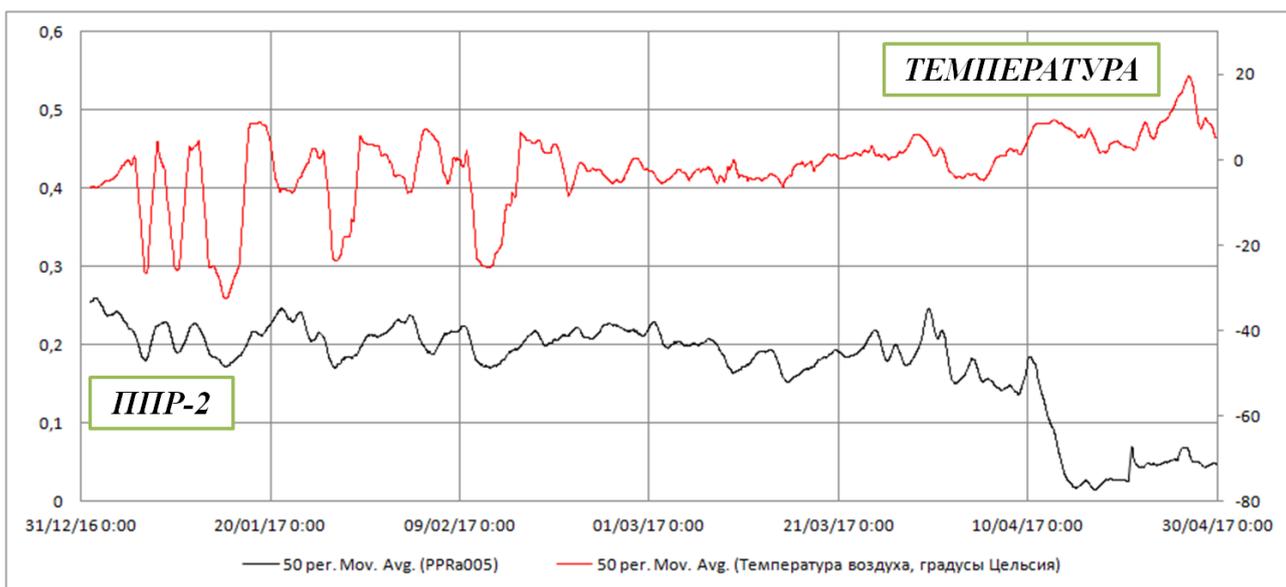


Рисунок 3.4 Корреляция сезонного вариации ППР по α (5 см) с температурой воздуха (31/12/2016-30/04/2017)

На рисунках ниже изображены сезонные вариации ОА почвенного радона по α -излучению на глубинах 0,5м и 1м в зависимости температуры воздуха.

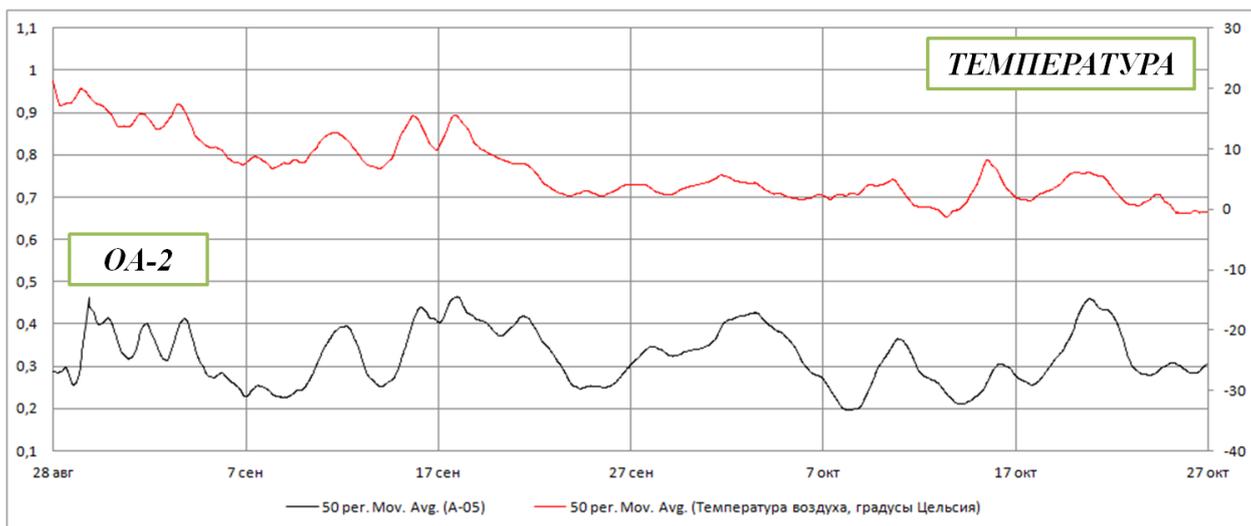


Рисунок 3.5 ОА радона в почве в жаркое время с 28/08 по 27/10/2017

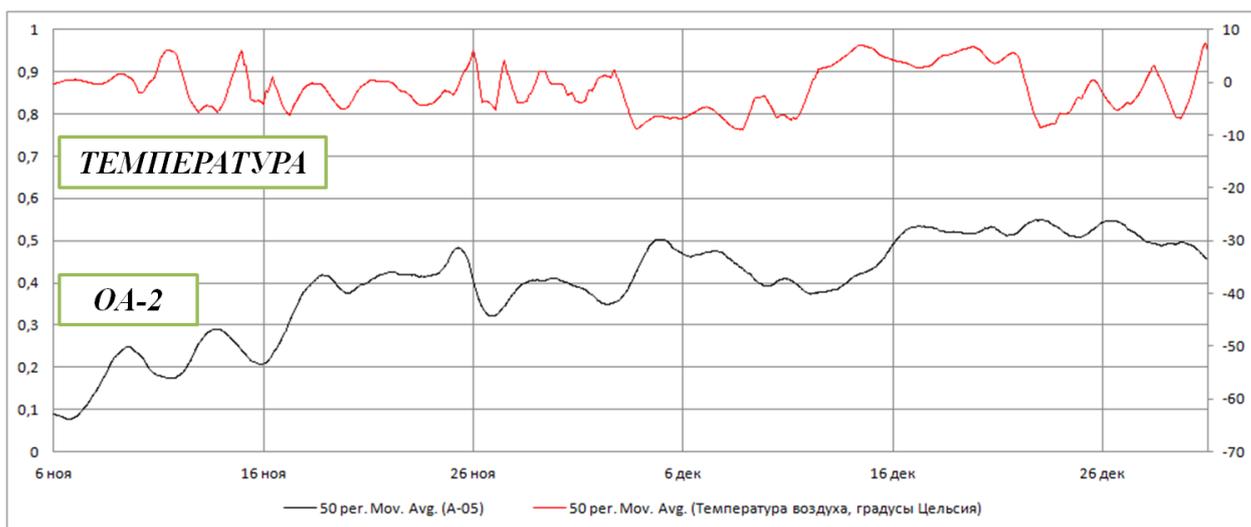


Рисунок 3.6 ОА радона в почве в холодное время с 06/11 по 16/12/2017

Из-за таяния снега, ОА радона в жаркое и холодное время года отличается в 2-3 раза.

При таянии снега обнаружено резкое возрастание уровня объемной активности почвенного радона.

Следует отметить, что резкий скачок объемной активности радона в почве наблюдается во время суточных температурных колебаний около нуля. В зависимости изменения атмосферной температуры, снег тает при положительных температурах воздуха, снижается пористость снежного покрова и образуется запирающая ледяная корка при отрицательных температурах воздуха. Из-за этого, почвенный радон не может легко перейти в атмосферу и увеличивает концентрацию на глубинах.

3.1.2 Суточные закономерности

Анализ радиационного мониторинга проведенный на экспериментальной площадке ТОРИИ показал, что суточные вариации ППР хорошо коррелируют с изменениями атмосферной температуры. На рисунке 3.1 изображено почасовое изменение ППР по альфа-излучению, измерено детектором расположить внутри накопительной камеры на 10см от земной поверхности.

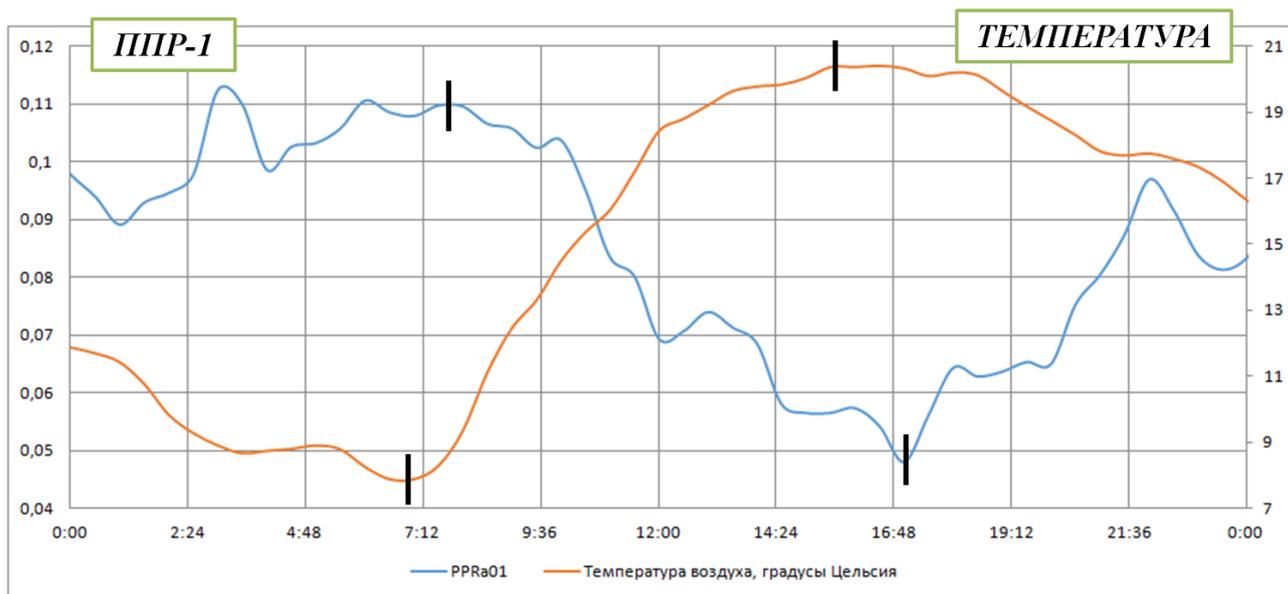


Рисунок 3.7 Корреляция почасового изменения ППР по α (10см) с температурой воздуха (02/09/2017)

Очевидно, что повышение температуры предотвратило выброс потока радона на поверхность. По мере повышения температуры воздушный слой около поверхности нагревается, что приводит к повышенному давлению, что затрудняет выброс газа радона с грунта.

Максимальное значение ППР наблюдается на раннем утреннем время, а минимум приходится на дневное время.

Сдвиг максимумов и минимумов в корреляции ППР радона с температурой воздуха, наблюдаемый в этот день наступает 1ч позже.

В тот же день, суточные вариации ОА радона в почве хорошо коррелируют с изменениями атмосферной температуры в летнее время. На

рисунке 3.1 изображено почасовое изменение объемной активности радона по альфа-излучению на глубинах 0,5м и 1м.

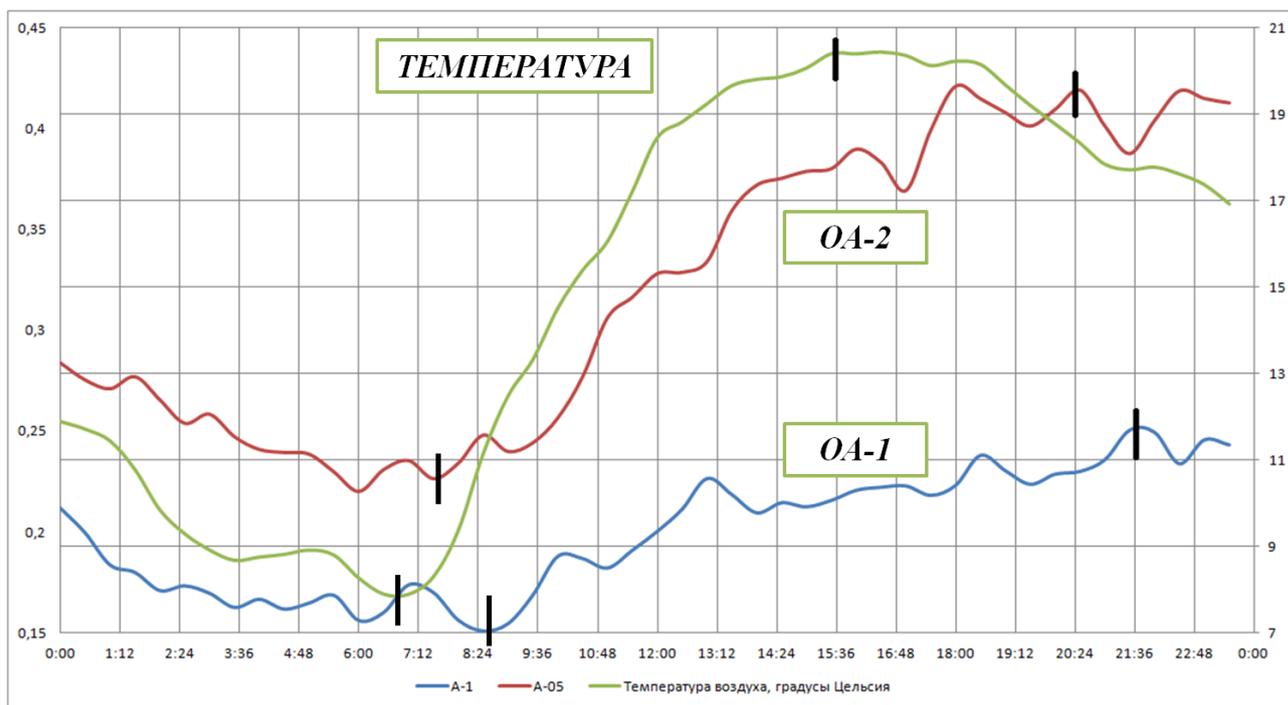


Рисунок 3.8 Почасовое изменение ОА радона по α на глубинах 0,5м и 1м (02/09/2017)

Максимальное значение объемной активности почвенного радона наблюдается на дневное время, а минимум приходится на раннем утреннем время.

Сдвиг максимумов в ОА (объемная активность) радона по альфа-излучению относительно температуры воздуха, наблюдаемый в этот период выявлено что радон наступает практически на 5-6 часов позже на глубинах 0,5 м и 1м.

3.2 Влияющие факторы на динамику ППР и ОА радона в грунте

3.2.1 Влияющие факторы в суточной динамике

Существенный вклад изменения температуры, давления и влажности вносят в суточные вариации ППР и ОА радона в грунте.

Корреляция суточных вариаций ППР по α (10см) с давлением воздуха:
 давление влияет на пики спектров в течение длительного времени.

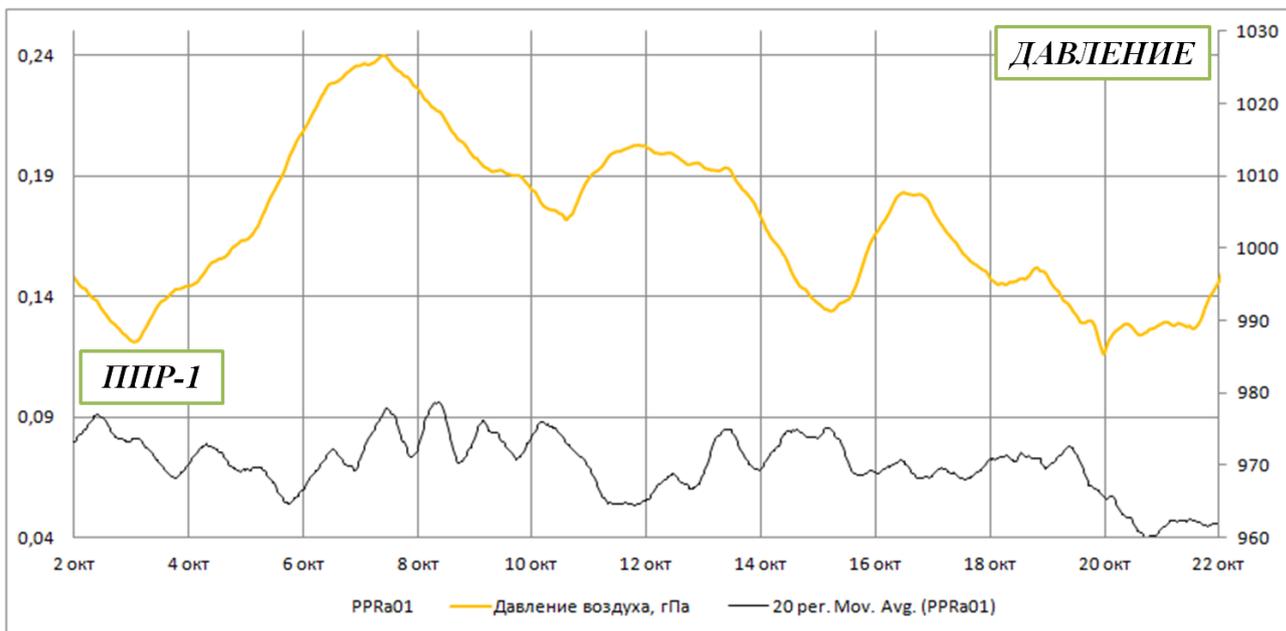


Рисунок 3.9 Корреляция суточного изменения ППР по α (10см) с давлением воздуха (02/10-22/10/2017)

Давление воздуха коррелирует на ППР по α (5 см) очень ясно, чем больше давление тем меньше ППР.

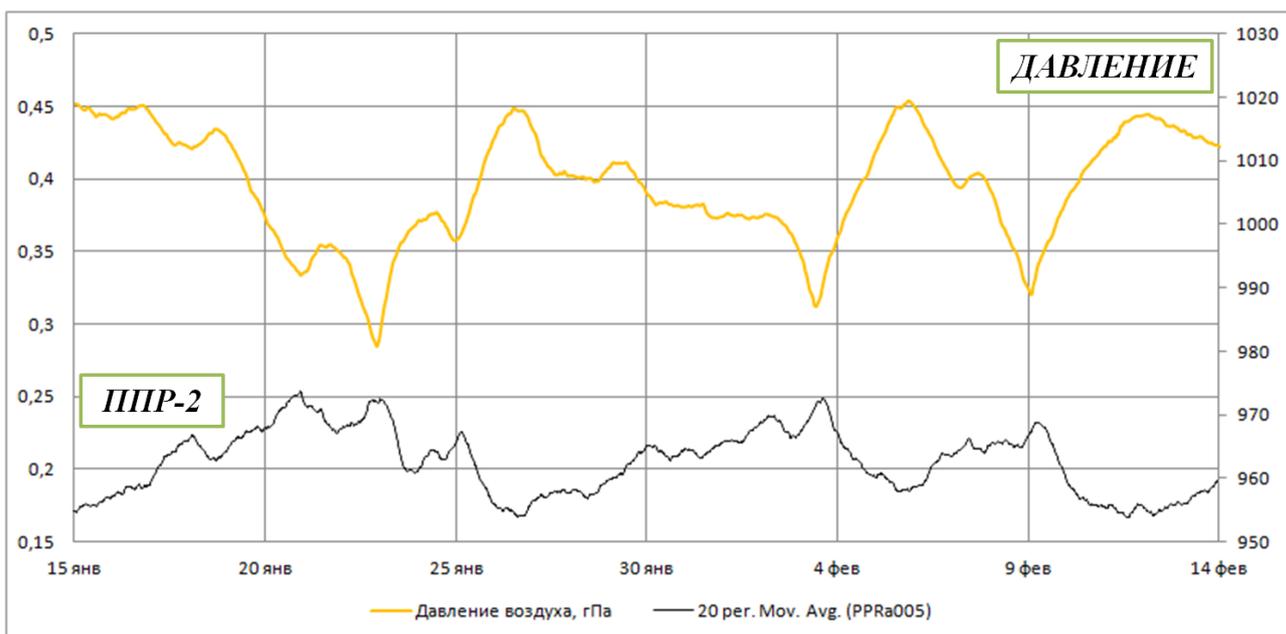


Рисунок 3.10 Корреляция суточного изменения ППР по α (5 см) с давлением воздуха (15/01-13/02/2017)

Таким образом, ППР по α (5 см) не зависит от температуры воздуха, но сильно зависит от атмосферного давления.

Изучение влияния влажности воздуха на ППР показало, что между ними существует хорошая корреляция. Высокая влажность облегчает выпускать радона из почвы.

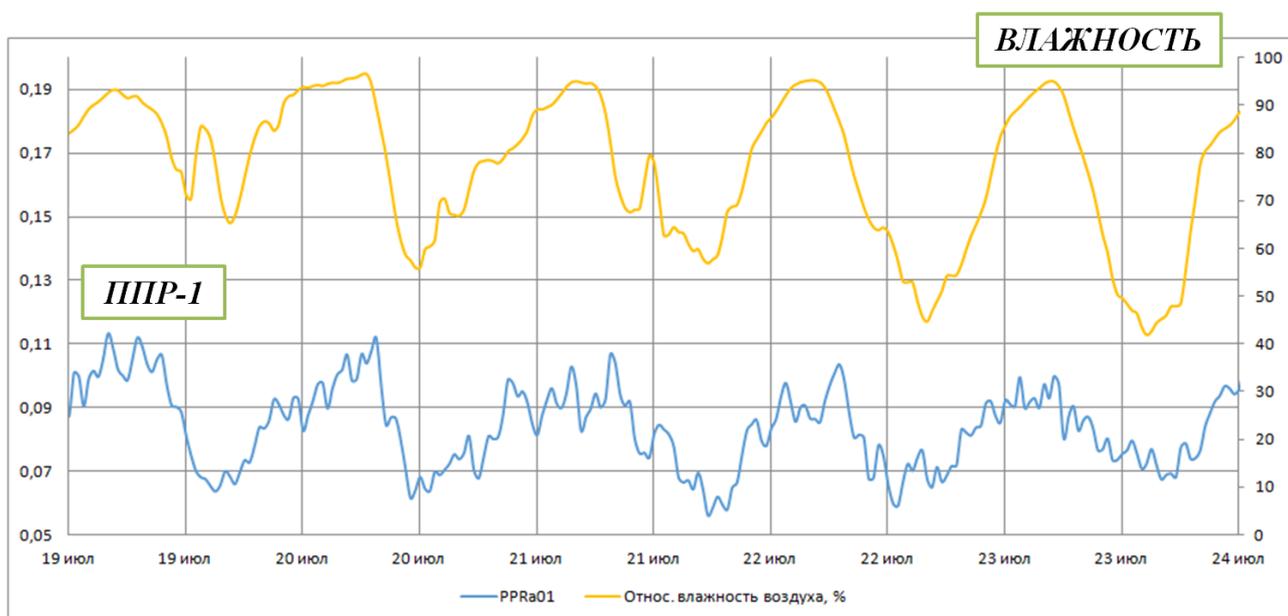


Рисунок 3.11 Корреляция суточного изменения ППР по α (10 см) с влажностью воздуха (19/07-24/07/2017)

На рисунке 3.12 представлены данные ОА радона, полученные в течение недели с 29/07 по 05/08/2017. Суточные вариации, наблюдаемые в этот период по альфа-излучению на глубинах 0,5м и 1м хорошо коррелируют с изменениями температуры воздуха и влажности.

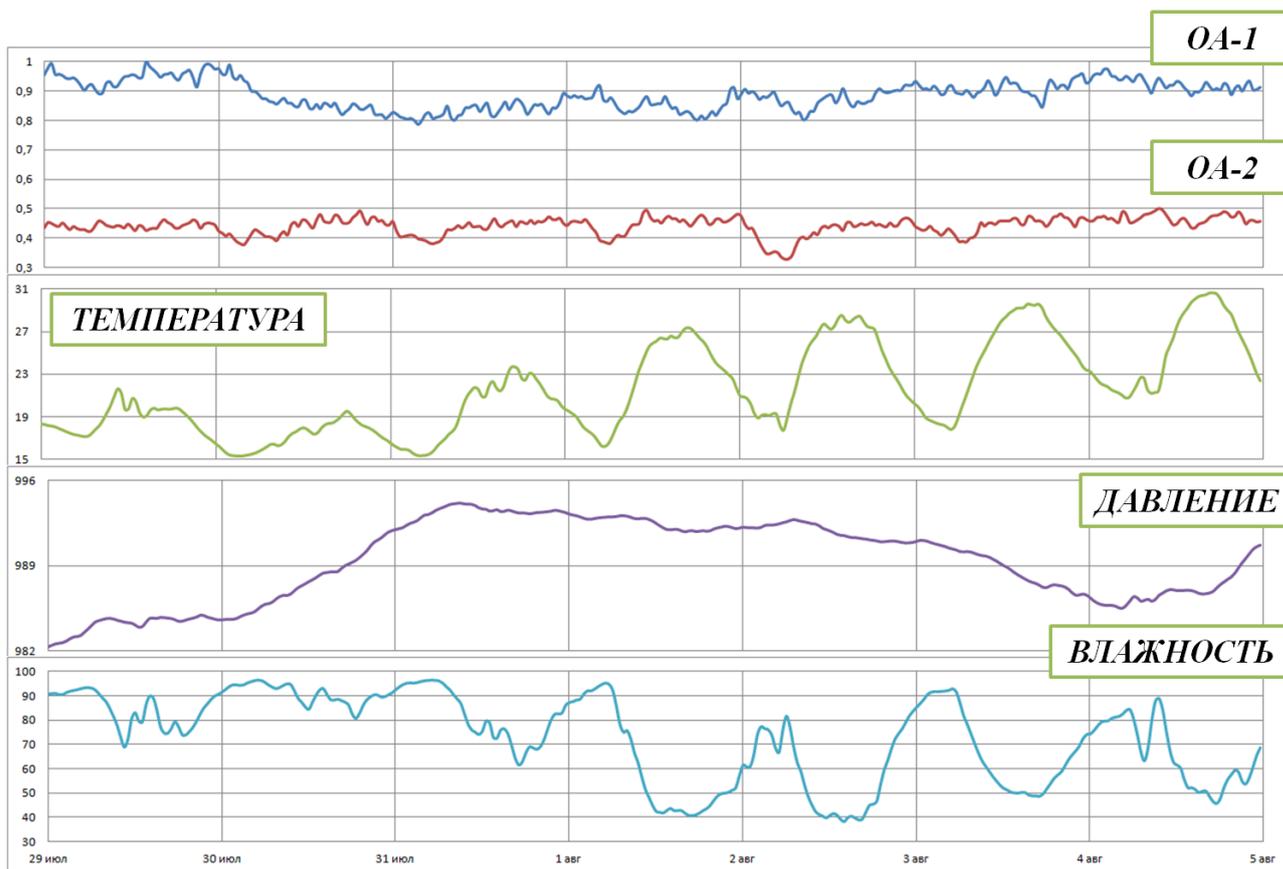


Рисунок 3.12 Суточное изменение ОА радона в почвенном воздухе и метеорологических параметров (29/07-05/08/2017)

В анализе экспериментальных данных, одним из наиболее влияющих факторов в суточные вариации объемной активности радона в почве является влажность воздуха. Относительные влажности воздуха более 80% могут влиять в суточные вариации ОА радона в почве. На рисунке 3.13 изображены хорошие суточные вариации объемной активности почвенного радона при высокой влажности.

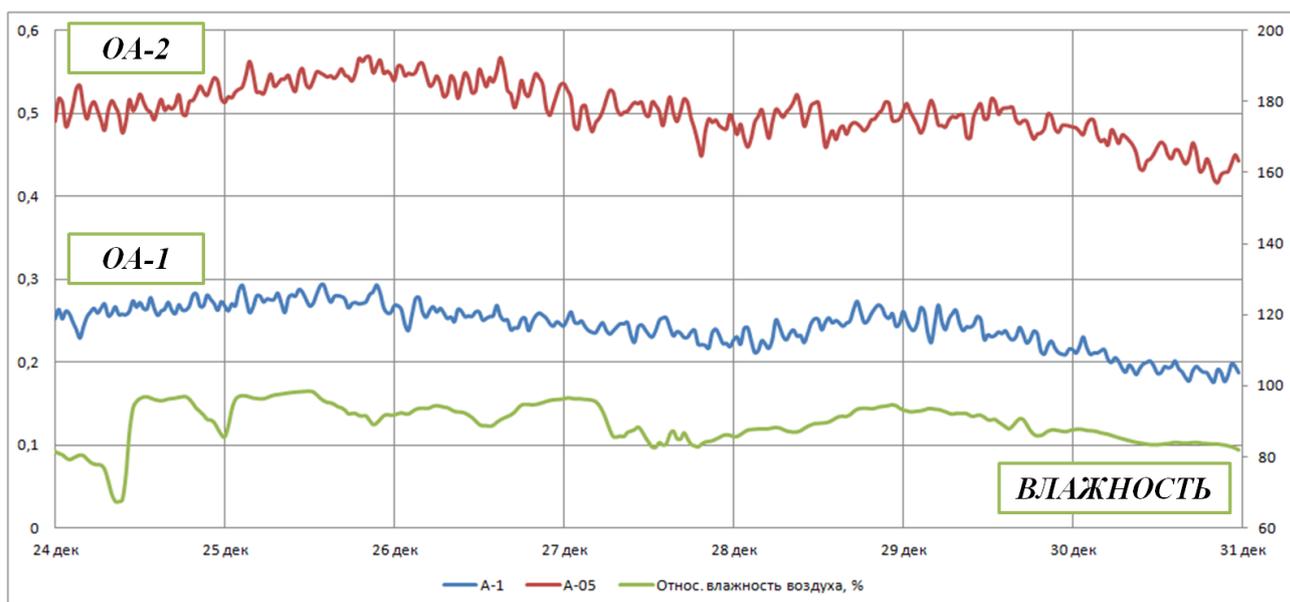


Рисунок 3.13 Влажность воздуха высокая (24-30/12/2017)

Суточные вариации объемной активности почвенного радона при низкой влажности выражен уже не так ясно. Это связано с конвективной составляющей потока радона.

Со высокой влажности, градиент температуры в поверхностном слое грунта существенно снижается, поэтому уменьшает поток радона из грунта в атмосферу.

3.2.2 Влияющие факторы в сезонной динамике

На рисунках ниже изображены сезонные вариации ППР и ОА почвенного радона в зависимости влажности воздуха.

Для ППР в сухой сезон корреляция пропорциональна. В сезон дождей это соотношение становится неясным.

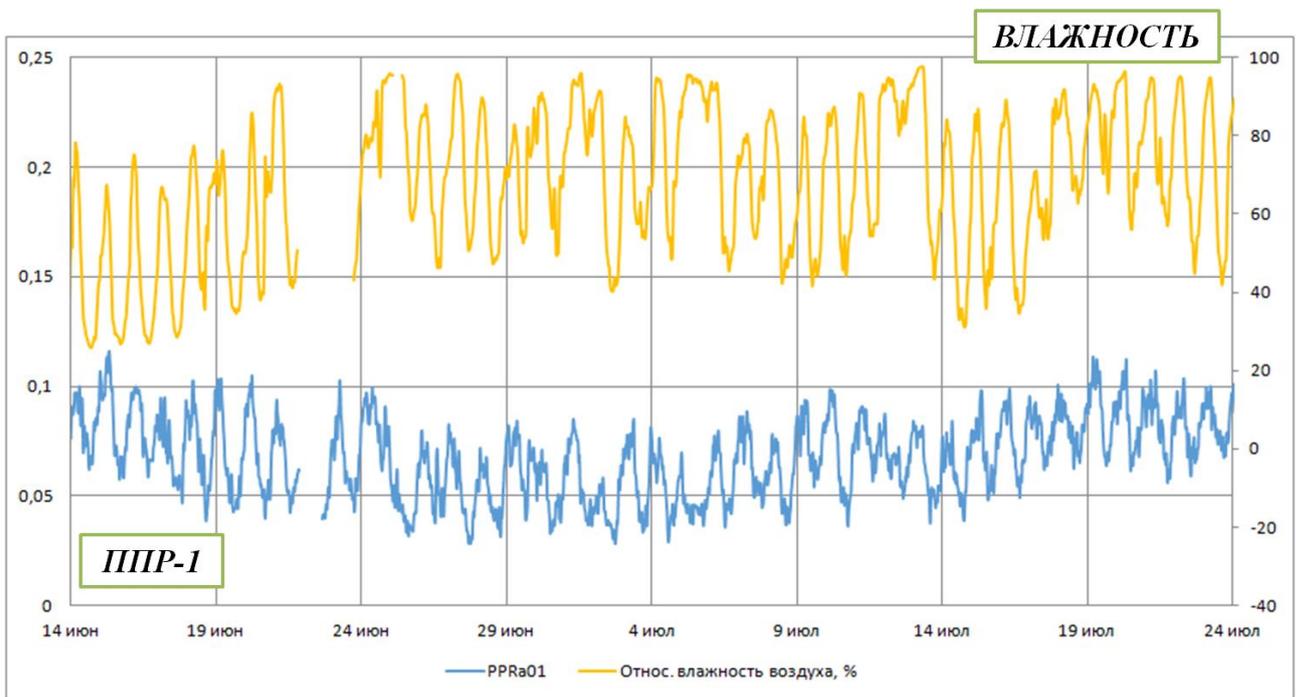


Рисунок 3.14 ППР по α (10 см) в сухой сезон в зависимости влажности воздуха (14/06-24/07/2017)

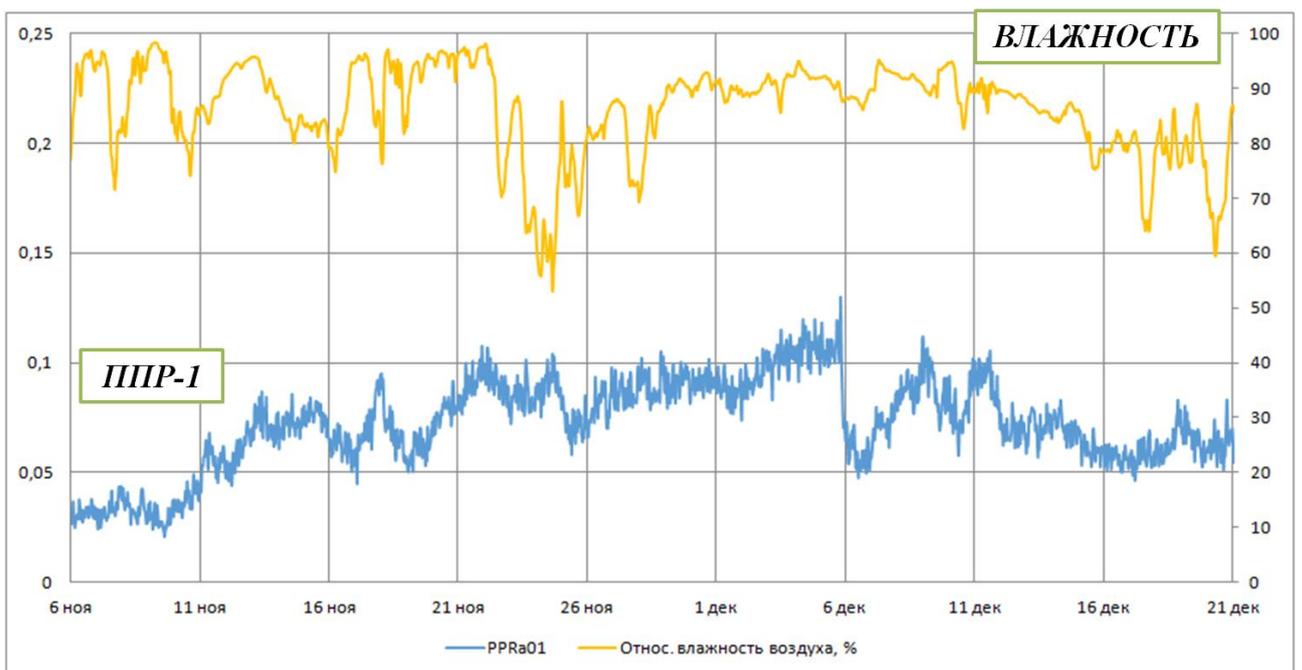


Рисунок 3.15 ППР по α (10 см) во влажный сезон в зависимости влажности воздуха (06/11-21/12/2017)

На рисунках ниже изображены сезонные вариации объемной активности почвенного радона по α -излучению на глубинах 0,5м и 1м в зависимости влажности воздуха.

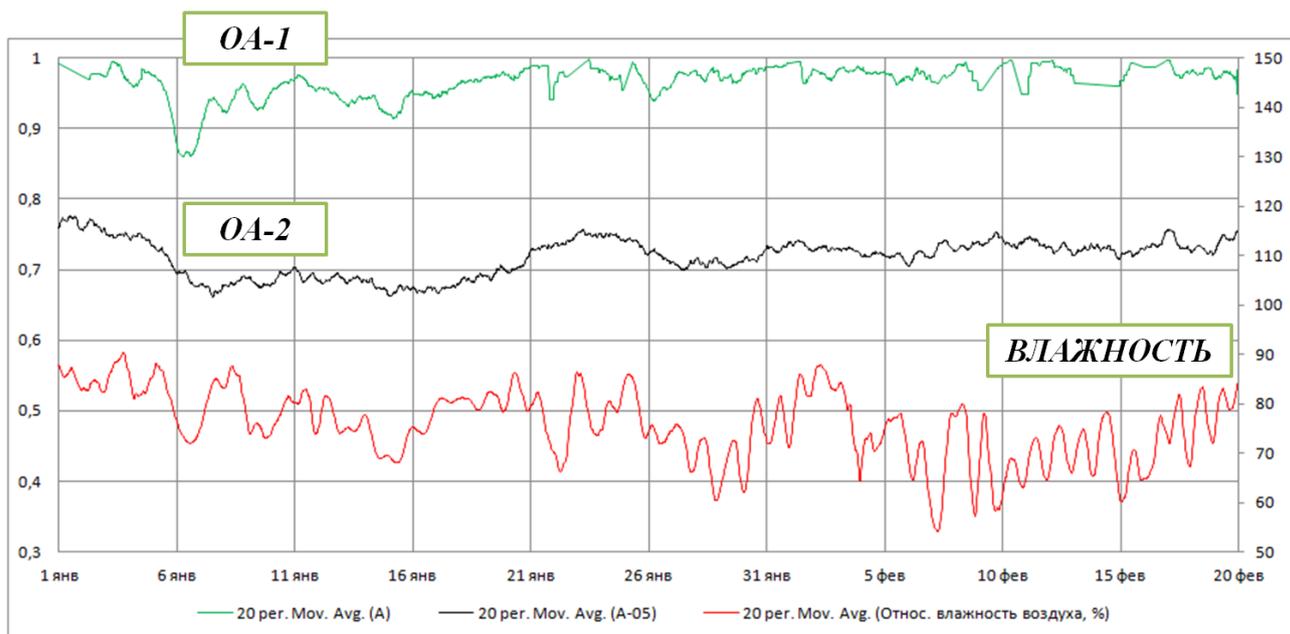
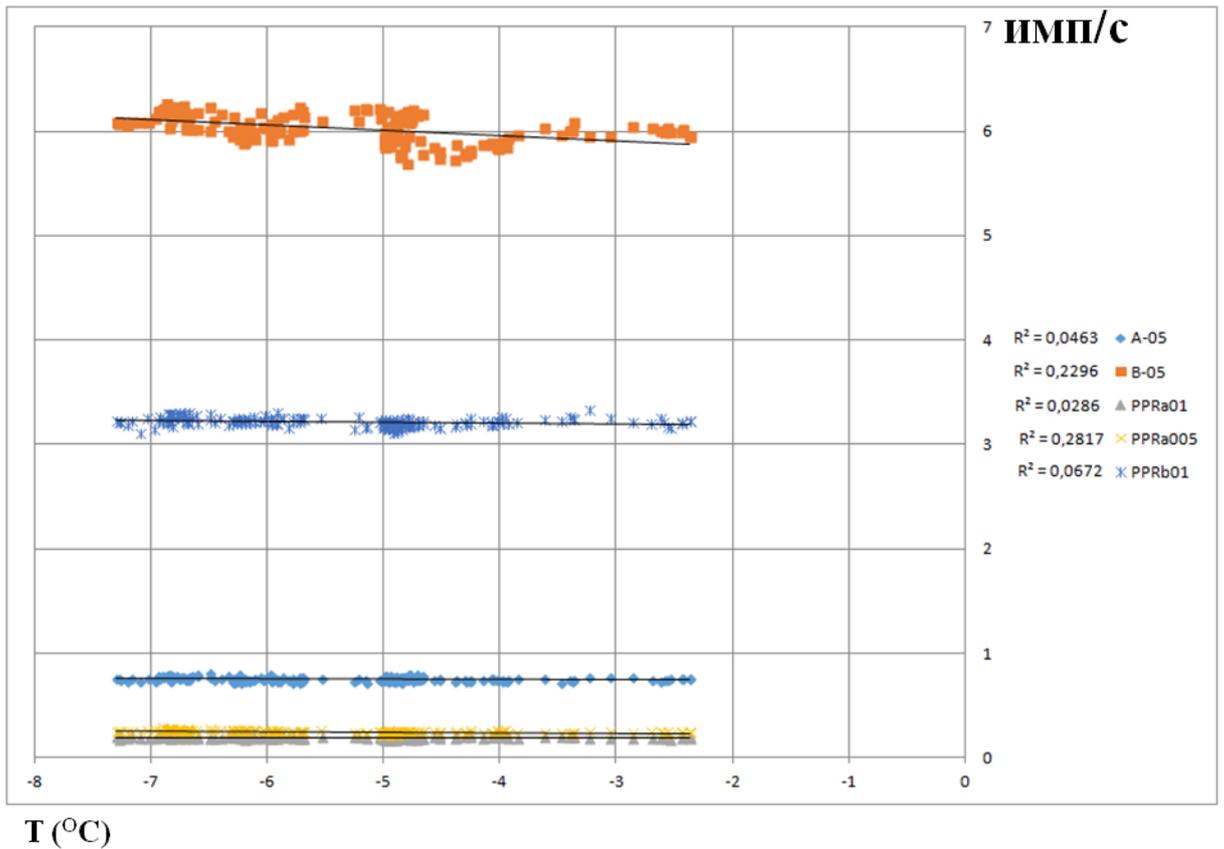


Рисунок 3.16 ОА радона в почве в холодный сезон в зависимости влажности воздуха (01/01-20/02/2017)

3.3 Регрессионный анализ

3.3.1 Регрессионный анализ ППР-ОА на 0,5 м

Результаты регрессионного анализа подтверждают корреляцию ППР по α и ОА почвенного радона на 0,5 м с атмосферной температурой за период с 31/12/2016 по 03/01/2017, общий коэффициент корреляции составляет 0,635.

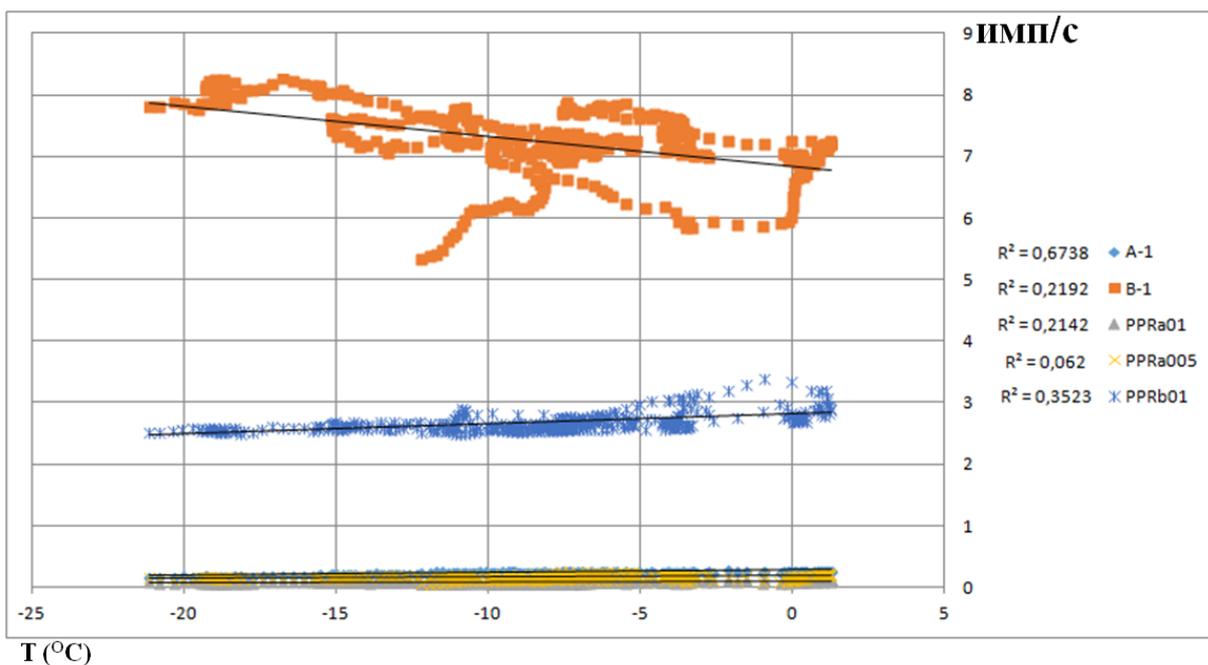


Regression Statistics								
Multiple R	0,635159083							
R Square	0,40342706							
Adjusted R Square	0,385983407							
Standard Error	0,959404525							
Observations	177							
ANOVA								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	5	106,4390797	21,28781594	23,127441	1,05374E-17			
Residual	171	157,3981543	0,920457042					
Total	176	263,837234						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	20,65458749	6,602086429	3,128493956	0,00206599	7,62250518	33,68666981	7,62250518	33,68666981
A-05	-2,856208355	3,885338909	-0,735124637	0,463270596	-10,5256106	4,81319389	-10,5256106	4,81319389
B-05	-3,378533608	0,604233948	-5,591432954	8,761E-08	-4,57125149	-2,185815725	-4,57125149	-2,185815725
PPRa01	2,357512716	8,206322202	0,287280058	0,774245722	-13,841225	18,55625043	-13,841225	18,55625043
PPRa005	-44,9603195	7,064235264	-6,364499174	1,73624E-09	-58,90465307	-31,01598593	-58,90465307	-31,01598593
PPRb01	2,233072759	2,139036279	1,043962078	0,297976511	-1,989243497	6,455389016	-1,989243497	6,455389016

Рисунок 3.17 Корреляция между ППР по α и ОА на 0,5 м

3.3.2 Регрессионный анализ ППР-ОА на 1 м

Результаты регрессионного анализа подтверждают корреляцию ППР по α и ОА почвенного радона на 1 м с атмосферной температурой за период с 21/12/2017 по 31/12/2017, общий коэффициент корреляции составляет 0,8958.

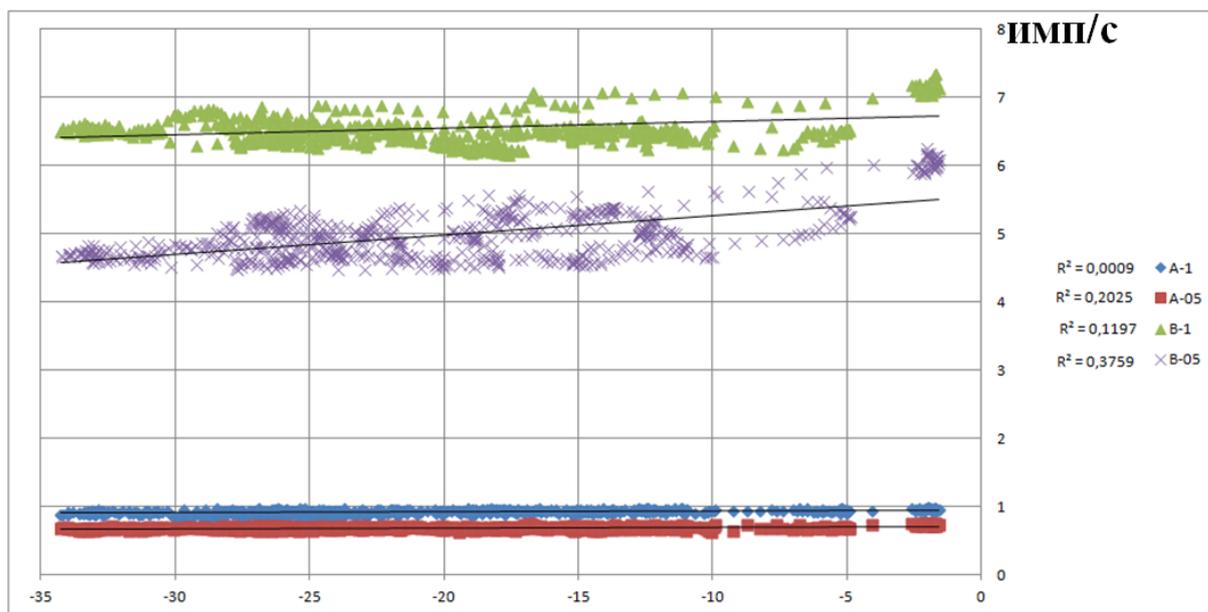


Regression Statistics								
Multiple R	0,895776928							
R Square	0,802416305							
Adjusted R Square	0,800165921							
Standard Error	2,34940061							
Observations	445							
ANOVA								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	5	9840,72999	1968,145998	356,5686503	4,6442E-152			
Residual	439	2423,140936	5,519683225					
Total	444	12263,87093						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	-41,24670441	3,63528722	-11,34620235	2,42748E-26	-48,39143389	-34,10197493	-48,39143389	-34,10197493
A-1	111,9905284	6,817674573	16,42649957	1,30493E-47	98,5911909	125,389866	98,5911909	125,389866
B-1	-3,029755451	0,311666781	-9,721136918	2,32657E-20	-3,642299854	-2,417211049	-3,642299854	-2,417211049
PPRa01	80,01836076	11,74246745	6,814441778	3,13407E-11	56,93992205	103,0967995	56,93992205	103,0967995
PPRa005	19,54463116	5,179497242	3,77346106	0,000183097	9,364938497	29,72432381	9,364938497	29,72432381
PPRb01	6,090228333	1,113314641	5,470356812	7,55778E-08	3,902139344	8,278317321	3,902139344	8,278317321

Рисунок 3.18 Корреляция между ППР по α и ОА на 1 м

3.3.3 Регрессионный анализ ОА на 0,5 и 1м

Результаты регрессионного анализа подтверждают корреляцию ОА на 0,5 и 1м с атмосферной температурой за период с 04/01/2017 по 17/01/2017, общий коэффициент корреляции составляет 0,6253.



T (°C)

Regression Statistics								
Multiple R	0,625305633							
R Square	0,391007135							
Adjusted R Square	0,387218688							
Standard Error	6,402409424							
Observations	648							
ANOVA								
		df	SS	MS	F	Significance F		
Regression		4	16922,72654	4230,681636	103,2103995	7,17184E-68		
Residual		643	26357,11425	40,99084643				
Total		647	43279,84079					
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-110,8570742	9,189481186	-12,06347475	2,37084E-30	-128,9020923	-92,81205613	-128,9020923	-92,81205613
A-1	-1,08202117	1,465651832	-0,738252528	0,460630363	-3,960063284	1,796020943	-3,960063284	1,796020943
A-05	58,90563823	15,42452555	3,81895949	0,000146994	28,61711189	89,19416456	28,61711189	89,19416456
B-1	-1,092115571	1,47361993	-0,74111075	0,458896857	-3,985804322	1,801573179	-3,985804322	1,801573179
B-05	11,76282565	0,859428176	13,68680477	1,31722E-37	10,07520078	13,45045052	10,07520078	13,45045052

Рисунок 3.19 Корреляция между объемной активностью радона в грунте и температурой воздуха

3.4 Заключение

В результате анализа многочисленных экспериментальных данных показали, что:

- Суточные вариации ППР по альфа-излучению (10см) хорошо коррелируют с изменениями атмосферной температуры. Повышение температуры предотвратило выброс потока радона на поверхность. По

мере повышения температуры воздушный слой около поверхности нагревается, что приводит к повышенному давлению, что затрудняет выброс газа радона с грунта. Суточное изменение ППР по бета-излучению (10см) коррелирует по относительно большой задержке с температурой воздуха.

- Суточные вариации ОА радона в почве хорошо коррелируют с изменениями атмосферной температуры в летнее время. Максимальное значение объемной активности почвенного радона наблюдается на дневное время, а минимум приходится на раннем утреннем время. Сдвиг максимумов в ОА (объемная активность) радона по альфа-излучению относительно температуры воздуха, наблюдаемый в этот период выявлено что радон наступает практически на 5-6 часов позже на глубинах 0,5 м и 1м.
- Сезонные вариации ППР по α (10см) отражают зависимость от температуры сезонов в Томске. В жаркое время ППР по α (10см) в основном изменяет температуру воздуха довольно равномерно. В холодное время года процесс корреляции обращается обратно пропорционально. Это связано с тем, что снег образует толстый слой на поверхности земли, что стимулирует излучение радона на поверхность. Сезонные вариации ППР по α (5 см) и ППР по β (10 см) коррелируют хорошо с температурой воздуха как в жаркое, так и в холодное время года. Однако во время передачи между двумя сезонами произошло внезапное падение ППР по α (5см). Возможно, это связано с тем, что дождь заменил снег, что уменьшает выбросы радона из почвы.
- Сезонные вариации ОА почвенного радона по α -излучению на глубинах 0,5м и 1м в зависимости температуры воздуха. Из-за таяния снега, ОА радона в жаркое и холодное время года отличается в 2-3 раза.
- Давление влияет на пики спектров суточных вариаций ППР по α (10см) в течение длительного времени. Давление воздуха коррелирует на ППР по α (5 см) очень ясно, чем больше давление тем меньше ППР. ППР по α

(5 см) не зависит от температуры воздуха, но сильно зависит от атмосферного давления. Для ППР по β (10 см), корреляция с давлением происходит почти сразу по обратной пропорции.

- Изучение влияния влажности воздуха на ППР показало, что между ними существует хорошая корреляция. Высокая влажность облегчает выпускать радона из почвы.
- ОА радона по альфа-излучению на глубинах 0,5м и 1м хорошо коррелируют с изменениями температуры воздуха, давления. Относительные влажности воздуха более 80% могут влиять в суточные вариации ОА радона в почве.
- Сезонные вариации ППР и ОА почвенного радона в зависимости влажности воздуха. Для ППР в сухой сезон корреляция пропорциональна. В сезон дождей это соотношение становится неясным.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью этого раздела является разработка и создание конкурентоспособных разработок и технологий, отвечающих требованиям экономии ресурсов и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением проблем:

- Оценка торгового потенциала и перспектив научных исследований;
- Определение возможных альтернатив для проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области экономии ресурсов и ресурсосбережения;
- Планирование исследовательских работ;
- Идентификация ресурсов (ресурсосбережение), финансовая, бюджетная, социальная и экономическая эффективность исследования.

Целью данной диссертационной работы является исследование особенности динамики плотности потока радона с поверхности грунта и объемной активности почвенного радона, измеренной на разных глубинах в грунте.

4.1 Предпроектный анализ

Результатом исследования является особенности вертикального переноса радона из грунта в приземную атмосферу.

Целевым рынком данного исследования будут являться связанные исследования и мероприятия, связанные с вредным воздействием радона, влияющим на здравоохранения человека и процессы промышленного производства.

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Важно оценить сильные и слабые стороны развития конкурента. Анализ технических решений, конкурирующих с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения, позволяет оценить сравнительную эффективность научного развития и определить направления для его дальнейшего развития.

Этот анализ был проведен с использованием карты оценки (таблица 4.1). Для этого были выбраны два конкурентных события. Первым конкурентом является автоматическая станция радиационного контроля. Датчики на этой станции расположены на определенной высоте относительно земли. Такие станции не позволяют оценить динамику радиационных изменений вдоль продольного профиля. Второй - метод проведения радиационного контроля со стороны оператора. Этот метод не позволяет людям наблюдать динамику дневного света фона.

Критерии для сравнения и оценки эффективности ресурсов и ресурсосбережения, изложенные в таблице 4.1, выбираются на основе выбранных объектов для сравнения с учетом экономических и технических характеристик развития, творчества и деятельности.

Таблица 4.1 Оценочная карта для сравнения конкурентных разработок

Критерии оценки		Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
			Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1		2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности								
1	Время на обработку данных	0,3	5	4	4	1,5	1,2	1,2
2	Безопасность	0,2	5	5	4	1	1	0,8
3	Потребность в ресурсах памяти	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
4	Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
5	Простота в эксплуатации	0,09	5	3	4	0,45	0,27	0,36
6	Наличие дорогостоящего оборудования	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности								
1	Цена	0,1	5	3	1	0,5	0,3	0,1
2	Финансирование научно разработки	0,05	3	4	2	0,15	0,2	0,1
3	Наличие сертификации разработки	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
Итого		1				4,85	3,96	3,55

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

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ данного научно-исследовательского проекта представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Новизна идеи научного исследования. С2.Достаточная надежность установки. С3.Безопасность работы с установкой. С4.Ремонт опригодность каждого отдельного узла установки. С5.Простота эксплуатации установки.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие финансирования. Сл2. Отсутствие у персонала необходимых знаний. Сл3. Большой срок обработки результатов Сл4. Отсутствие осведомленности об исследованиях данного типа. Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования</p>
<p>Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В3. Сотрудничество с рядом новых организаций. В4. Использование устаревших методов конкурентами. В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: 1. Рост спроса на исследования данного типа за счет распространения среди различных организаций и университетов. 2. Приоритет к данному исследованию по сравнению с конкурентами за счет осуществления должной надежности и безопасности установки.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: 1. Отсутствие большого числа заказов на проведение исследований. 2. Приоритет конкурентных организаций из-за длительного срока исследований или невыполненных в срок.</p>
<p>Угрозы: У1. Высокая цена технологии. У2. Конкуренция. У3. Отсутствие финансирования со стороны, как университета, так и государства. У4. Сложность поставки образцов для исследований. У5. Износ оборудования.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: 1. Осуществление ремонта текущей установки без замены составляющих частей. 2. Устойчивость к борьбе с конкурентами за счет новизны идеи.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»: 1. Привлекать капитал и использовать технологию, которая по разумным ценам по сравнению со спросом. 2. Усиление исследований документов, конкурентоспособности. 3. Регулярно сохранять оборудование, чтобы сократить время сбоя.</p>

Вывод: Анализируя SWOT, что тема исследования очень многообещающая, однако необходимо преодолеть недостаток знаний и бюджета для реализации.

4.2 Предпроектный анализ

4.2.1 Иерархическая структура работ проекта

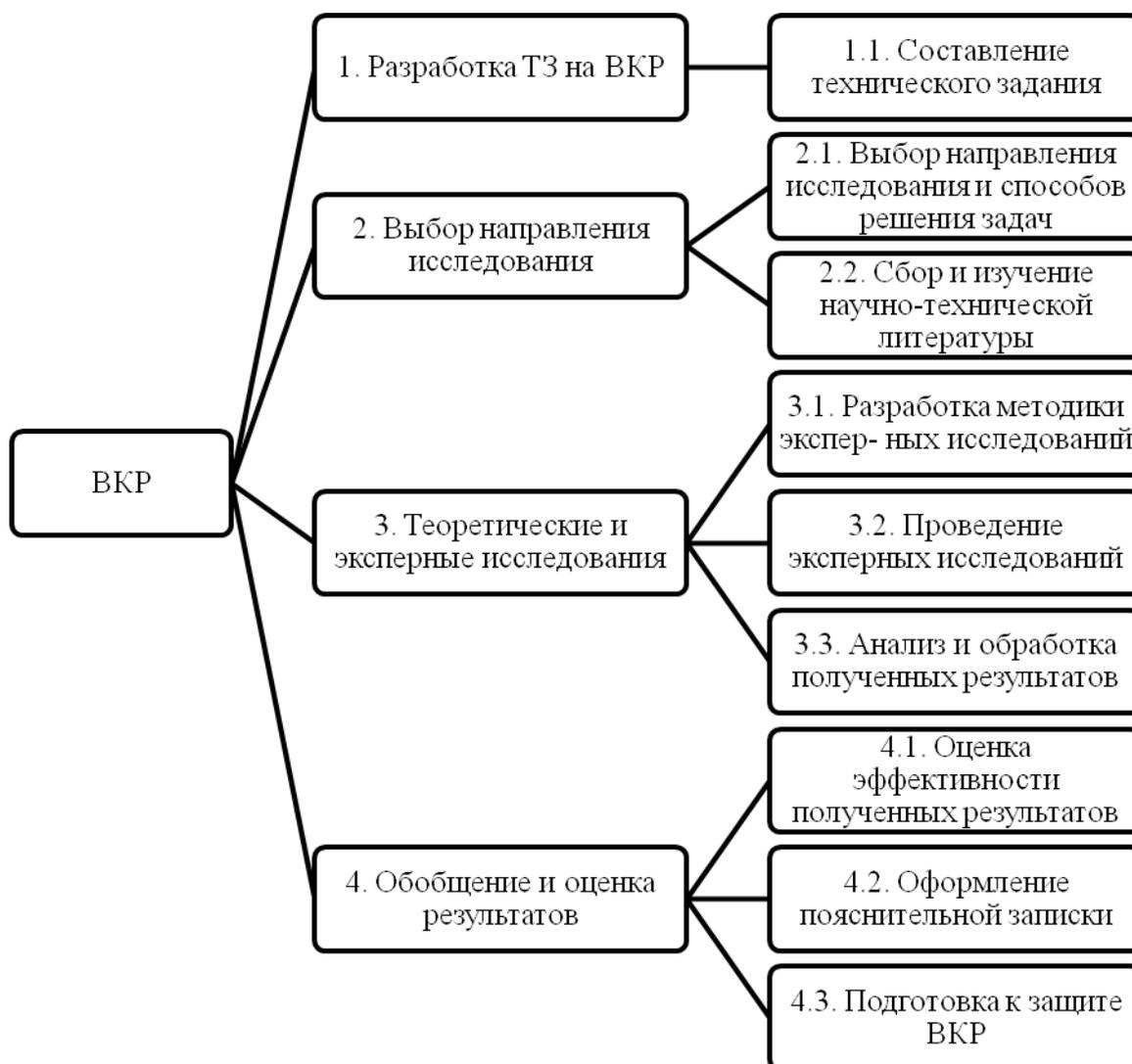


Рисунок 4.1 Иерархическая структура работ

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

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки

последовательности действий, требуемых для достижения данных целей. Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ.

4.2.2 Контрольные события проекта

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

Таблица 4.3 Контрольные события проекта

№	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Разработка ТЗ на ВКР	08.02.2018 – 09.02.2018	Приказ о ВКР
2	Составление и утверждение технического задания	12.02.2018 – 13.02.2018	
3	Выбор направления исследования и способов решения задач	14.02.2018 – 17.02.2018	
4	Сбор и изучение научно-технической литературы	19.02.2018 – 24.03.2018	Список литературы
5	Разработка методики экспериментальных исследований	26.03.2018 – 31.03.2018	Методика
6	Проведение экспериментальных исследований	02.04.2018 – 19.05.2018	Отчет
7	Анализ и обработка полученных результатов	21.05.2018 – 26.05.2018	
8	Оформление пояснительной записки и презентации	28.05.2018 – 02.06.2018	Пояснительная записка
9	Подготовка к защите ВКР	04.06.2018 – 09.06.2018	

4.2.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта (таблица 4.4). Далее с помощью диаграммы Ганта (таблица 4.5) проиллюстрирован календарный план проекта, на котором работы по теме характеризуются датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 4.4 Календарный план проекта

Код	Название	Тк, кал. Дн.	Дата начала и окончания работ	Состав участников
1	Разработка ТЗ на ВКР	2	08.02.2018 – 09.02.2018	Руководитель
2	Составление и утверждение технического задания	2	12.02.2018 – 13.02.2018	Руководитель
3	Выбор направления исследования и способов решения задач	4	14.02.2018 – 17.02.2018	Руководитель Инженер
4	Сбор и изучение научно- технической литературы	34	19.02.2018 – 24.03.2018	Инженер
5	Разработка методики экспериментальных исследований	6	26.03.2018 – 31.03.2018	Руководитель Инженер
6	Проведение экспериментальных исследований	48	02.04.2018 – 19.05.2018	Инженер
7	Анализ и обработка полученных результатов	6	21.05.2018 – 26.05.2018	Руководитель Инженер
8	Оформление пояснительной записки и презентации	6	28.05.2018 – 02.06.2018	Инженер
9	Подготовка к защите ВКР	6	04.06.2018 – 09.06.2018	Инженер

Таблица 4.5 Календарный план график в виде диаграммы Ганта

№	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				Фев			Мар			Апр			Май			Июн	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Разработка ТЗ на ВКР	Руководитель	2	█													
2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2		█												
3	Выбор направления исследования и способов решения задач	Руководитель Инженер	4		█												
4	Сбор и изучение научно-технической литературы	Инженер	34			█	█	█	█								
5	Разработка методики экспериментальных исследований	Руководитель Инженер	6						█								
6	Проведение экспериментальных исследований	Инженер	48							█	█	█	█	█			
7	Анализ и обработка полученных результатов	Руководитель Инженер	6													█	
8	Оформление пояснительной записки и презентации	Инженер	6													█	
9	Подготовка к защите ВКР	Инженер	6														█

▨ – Руководитель █ – Инженер

4.3 Бюджет научно-технического исследования

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:

- Материалы
- Затраты на оплату труда работников, непосредственно участвующих в НИОКР

- Основная заработная плата исполнителей темы;
- Дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- Отчисления во вне бюджетные фонды
- Спецоборудование для научных и экспериментальных работ
- Прочие прямые расходы
- Накладные расходы.

Статьи 1-6 относятся к прямым затратам, величину прямых затрат, как правило, следует определять прямым счетом, это затраты, связанные непосредственно с выполнением конкретного НИИ, остальные затраты рассчитываются косвенным способом, это затраты на содержание аппарата управления, общетехнических и общехозяйственных служб, они объединяются в статью «Накладные расходы».

4.3.1 Расчет материальных затрат

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты на электроэнергию и интернет.

Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Бумага	SvetoCopy	100	0,5	50
Печать на листе А4		100	2	200
Ручка	Cello Finer	1	31	31
Доступ интернет		4 месяца	350	1400
Электроэнергия				362
Всего за материалы, руб				2043
Транспортно-заготовительные расходы, руб				0
Итого, руб				2043

Затраты на электроэнергию: $Z_{эл}$

Мощность потребления персональным компьютером: $M_k = 65 \text{ Вт}$

Количество часов: $t = 960 \text{ ч}$

Цена электроэнергии = 5,8 руб/кВт.ч

$$Z_{эл} = 0,065.960.5,8 = 361,92 \text{ руб}$$

4.3.2 Расчёт амортизации оборудования для экспериментальных работ

В данной исследовательской работе к спецоборудованию, необходимому для проведения экспериментальных работ, относятся высокочувствительные сцинтилляционные интеллектуальные блоки детектирования БДПА-01, БДПБ-01 (АТОМТЕХ, Беларусь) и оборудование необходимое для автоматизации исследований. Стоимость всего спецоборудования составляет 110.000 рублей, назначенный срок службы – 5 лет.

Формулу для расчета амортизационных отчислений:

$$A_{отч} = \frac{C_{перв} \cdot Na, \%}{K \cdot 100} \cdot T_{раб}$$

где:

$C_{перв}$ - первоначальная стоимость основных средств, рубли

$Na, \%$ - норма амортизации, $Na = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\%$

$T_{раб}$ - количество рабочих дней , в течение которых использовалось оборудование, дни

K - количество рабочих дней в году, $K = 247$ дней за 2017 год

$$A_{отч} = \frac{110000.20}{247.100} \cdot 60 = 5344 \text{ руб.}$$

Таблица 4.7 Затраты на экспериментальные работы

Виды затрат	Цена за единицу	Количество	Сумма, руб
Амортизация оборудования		60 дн	5344
Электроэнергия	5,8 руб/кВт.ч	210 кВт.ч	1218
Итого			6562

4.3.3 Затраты на оплату труда исполнителей научно-технического исследования

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} ,$$

где:

$Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

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

- оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор;
- стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

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

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} ,$$

где:

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

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} ,$$

где:

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{М}} \cdot M / F_{\text{д}} ,$$

где:

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 24 рабочих дней $M = 11,2$ месяцев, 5-дневная неделя;

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (в рабочих днях) в табл. 4.8.

Таблица 4.8 Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
– выходные дни;	52	104
– праздничные дни	11	11
Потери рабочего времени:		
– отпуск;	48	24
– невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	254	226

Основная заработная плата руководителя за период проведения работ (11 календарных дня) равна:

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{М}} \cdot M / F_{\text{д}} = 36800 \cdot 1,3 \cdot 11,2 / 254 = 2109,4 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} = 2109,4 \cdot (11/1,48) = 15678,5 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} Z_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 15678,5 = 1881,4 \text{ руб};$$

$$C_{\text{ЗП(руков)}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 15678,5 + 1881,4 = 17559,9 \text{ руб}.$$

Заработная плата инженера составляет 9489 руб/месяц.

Заработная плата инженера за период проведения работ (105 календарных дней) равна:

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{м}} \cdot M / F_{\text{д}} = 9489 \cdot 1,3 \cdot 11,2 / 226 = 611,3 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} = 611,3 \cdot (105/1,48) = 42369,2 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} Z_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 42369,2 = 5204,3 \text{ руб};$$

$$C_{\text{ЗП(инженер)}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 42369,2 + 5204,3 = 47573,5 \text{ руб}.$$

Заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НТИ:

$$C_{\text{ЗП}} = C_{\text{ЗП(руков)}} + C_{\text{ЗП(инженер)}} = 17559,9 + 47573,5 = 65133 \text{ руб}$$

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Размер отчислений во внебюджетные фонды составляет 27,1% от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИОКР.

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

где:

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

$$C_{\text{внеб}} = 0,271 \cdot 65133 = 17651 \text{ руб}.$$

4.3.5 Накладные расходы

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

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

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

где:

$k_{\text{накл}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов взята в размере 15%.

$$C_{\text{накл}} = 0,15 \cdot 65133 = 9770 \text{ руб.}$$

4.4 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Стоимость затрат, в рублях
1. Материальные затраты НТИ	2.043
2. Затраты на оборудование	6.562
3. Затраты на оплату труда исполнителей научно-технического исследования	65.133
4. Отчисления во внебюджетные фонды	17.651
5. Накладные расходы	9.770
Бюджет затрат НТИ	101.159

В ходе выполнения экономической части ВКР были проведены расчеты плановой себестоимости проведения НТИ и времени, необходимого на проведение ВКР. Плановая себестоимость работы составляет 101.159 руб., основная составляющая, которой – заработная плата исполнителей НТИ.

4.5 Организационная структура проекта

Организационная структура проекта является наиболее подходящей временной структурой для проекта, включая всех участников проекта, и предназначена для достижения целей проекта.

Разработка организационной структуры проекта включает:

- определить все организационные единицы;
- определение роли участников проекта и их взаимодействия,
- определение обязанностей и полномочий;
- распределение обязанностей и полномочий между организационными подразделениями структуры;
- разработать интерактивные инструкции по настройке в структуре и рабочем процессе.

Организационная структура проекта - динамическая структура, которая претерпевает изменения во время реализации проекта. Эти изменения зависят от этапов жизненного цикла проекта, типов, используемых в предлагаемых контрактах, и других условий реализации проекта. Организационная структура этого проекта показана на рисунке 4.2.

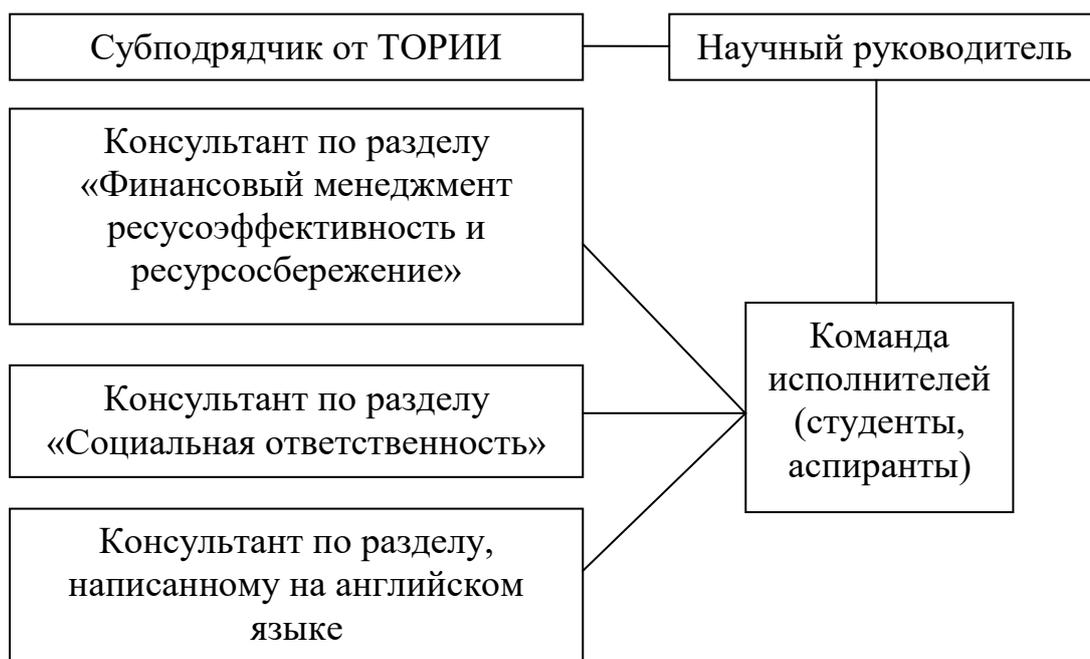


Рисунок 4.2 Иерархическая структура работ

4.6 Матрица ответственности

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

Таблица 4.10 Матрица ответственности

Этапы исследования	Научный руководитель	Субподрядчик от ТОРИИ	Консультант Англ.яз.	Консультант менеджмент	Консультант Соц.отв-ть.	Магистрант
Сбор и изучение научно-технической литературы	О					И
Разработка методики экспериментальных исследований	О	И				И
Проведение экспериментальных исследований	О	У				И
Анализ и обработка полученных результатов	О					И
Оценка ресурсоэффективности и ресурсосбережения				С		И
Раздел социальной ответственности					С	И
Перевод раздела на английский язык			С			И
Оформление пояснительной записки и презентации	С					И

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

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

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

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

4.7 Определение ресурсной эффективности исследования

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

$$I_m = \sum a_i \cdot b_i,$$

где: I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности данного исследования представлен в форме таблицы 4.11. Для этого два аналога разработки. Первый – автоматизированная станция контроля радиационной обстановки. Датчики на этой станции располагаются на определенной высоте относительно почвы. Станции данного типа не позволяют оценить динамику изменения радиации по вертикальному профилю. Второй аналог – методика проведения радиационного контроля оператором. Данная методика не позволяет наблюдать за суточной динамикой радиационного фона.

Таблица 4.11 Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1.Время наработки данных	0,15	5	4	3
2. Помехоустойчивость	0,15	4	4	4
3. Безопасность	0,25	4	3	3
4. Потребность в ресурсах памяти	0,1	5	5	4
5.Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	5	5	4
6. Простота в эксплуатации	0,15	5	5	5
7.Наличие дорогостоящего оборудования	0,1	4		
Итого	1	4,6	4,2	3,75

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

$$\text{Аналог1} = 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 = 4,2;$$

$$\text{Аналог2} = 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 = 3,75.$$

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_i}{\Phi_{\max}},$$

где:

Φ_i – стоимость i -го варианта исполнения;

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

$$I_{\Phi}^p = \frac{101159}{131375} = 0,77,$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{131375}{131375} = 1,$$

$$I_{\Phi}^{a2} = \frac{114296}{131375} = 0,87.$$

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

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\Phi}^p},$$

$$I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\Phi}^a},$$

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{4,6}{0,77} = 5,97,$$

$$I_{\text{финр}}^{a1} = \frac{4,2}{1} = 4,82,$$

$$I_{\text{финр}}^{a2} = \frac{3,75}{0,87} = 4,31.$$

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

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

В таблице 4.12 представлен расчет сравнительной эффективности разработанного проекта.

Таблица 4.12 – Сравнительная эффективность анализа

№	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,87	0,77
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,2	3,75	4,6
3	Интегральный показатель эффективности	4,82	4,31	5,97
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,24	1,39	1

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

Таким образом, итоговая себестоимость НИР составила 101.159 рублей, время, необходимое для выполнения работы, составило 105 календарных дня.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В современных условиях одним из основных направлений тщательного совершенствования всей профилактической работы по снижению профессионального травматизма и профессионального заболевания является широкое внедрение интегрированной системы управления охраной труда, что означает объединение различных видов деятельности в целевую систему действий на всех уровнях и этапах производства.

Безопасность труда - это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебных и профилактических мер, обеспечивающих безопасность, здоровье и благосостояние людей на рабочем месте. [19].

Приводятся правила охраны труда и техники безопасности для предотвращения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работников и обязательных работников, менеджеров, инженеров и сотрудников. технический комплект.

Пагубный фактор называется фактором производства, действие которого на деятельность при определенных условиях приводит к заболеванию или уменьшению дефекта. Опасный производственный фактор - это фактор, который производит эффекты в определенных условиях, которые приводят к травматическому или неожиданному, серьезному ухудшению состояния здоровья [20].

На человека, работающего на ПЭВМ, воздействуют следующие вредные факторы: физические (температура и влажность воздуха; шум; статическое электричество; электромагнитное поле низкой чистоты; освещённость; наличие излучения) и психофизиологические.

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

психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Опасными производственными факторами, возникающими при выполнении работы на ПЭВМ, являются: электробезопасность и пожарная безопасность.

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

5.1.1 Организационные мероприятия

Все сотрудники обязаны знать и придерживаться строгих правил безопасности. Обучение персонала по вопросам безопасности и гигиены труда включает в себя введение и направление на рабочем месте ответственного лица.

Знание правил безопасности проверяется комитетом по вопросам права после прохождения обучения на рабочем месте. Аудированному лицу назначается группа безопасности в соответствии со своими знаниями и опытом работы и выдается специальный сертификат.

У электрика не должно быть травм и болезней, которые мешают производству. Состояние здоровья устанавливается путем медицинского освидетельствования.

5.1.2 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 5.1.

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 так же 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.

5.2 Анализ выявленных вредных факторов

5.2.1 Микроклимат

Неблагоприятный микроклимат (воздух рабочей зоны) производственных помещений может привести к заболеваниям работающего. Микроклимат определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха.

Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата приведены в таблице 5.1 [21].

Таблица 5.1 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 помещение 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 [21].

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 помещении 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.

5.2.2 Шум и вибрация

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 [22].

5.2.3 Освещение

Недостаточное освещение увеличивает количество ошибок в работе, повышает утомляемость, снижает производительность труда, вызывает заболевание органов зрения. Достаточное, но неправильное освещение деталей или рабочих поверхностей также неблагоприятно для самочувствия человека и производительности труда.

Основным способом защиты от недостаточного освещения является соблюдение норм освещенности, установленных по СНиП 23-05-95 [23]. В помещении с III разрядом зрительных работ с высокой точностью освещенность должна составлять 200 лк, а коэффициент пульсации 15%. Пульсации освещенности обусловлены малой инерционностью излучения газоразрядных ламп, световой поток от которых пульсирует при переменном токе промышленной частоты.

Организация рабочего места может защитить от недостаточного освещения. Освещенность рабочего места должна быть равномерной. Рабочий стол должен располагаться в хорошо освещенном месте, желательно у окна. Человек за столом должен располагаться лицом или левым боком к окну (правша). Светильники искусственного света должны располагаться относительно тела человека аналогичным образом.

5.2.4 Электромагнитное поле

Дисплей, процессор, клавиатура является источником электромагнитного излучения.

Согласно [24] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 25 В/м;
- в диапазоне частот 2 кГц ÷ 400 кГц – 2,5 В/м.
- Плотность магнитного потока должна быть не более:
 - в диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 250 нТл;
 - в диапазоне частот 2 кГц ÷ 400 кГц – 25 нТл.

Для защиты от ЭМП можно увеличить расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя), а также применять фильтры и другие средства индивидуальной защиты. Для защиты от ЭМП используют различные фильтры:

- стеклянные фильтры полной защиты, обеспечивающие

- ослабление мощности электромагнитного излучения, например, фильтры Российского производства «СИНКО»;
- спектральные компьютерные очки;
 - специальная налобная повязка для частичной экранизации негативного энергоинформационного взаимодействия компьютерного излучения в диапазоне частот 5Гц – 400кГц.

5.2.5 Ионизирующее излучение

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др.

Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкбэр/ч. В соответствии с нормами [24] конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более 100 мкР/ч.

5.3 Анализ выявленных опасных факторов

5.3.1 Электробезопасность

Безопасной для человека является величина переменного тока – 10мА, постоянного – 50мА, безопасное напряжение 12В.

При прохождении электрического тока через тело человека могут возникнуть повреждения организма. Действие тока на организм человека может быть местным и общим. Общее (рефлекторное) поражение – электрический удар, представляет для человека наибольшую опасность: нарушается работа центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, что приводит к фибрилляции и параличу сердца, а также к остановке дыхания.

При проведении исследований использовалась аппаратура, питание которой осуществляется от сети с напряжением 220В. По наличию признаков электрических опасностей – помещение относится к категории помещений с пониженной опасностью. Во избежание травматизма соблюдались следующие правила:

- была изучена инструкция по эксплуатации аппаратуры;
- перед каждым включением производился осмотр рабочего места;
- обращалось особое внимание на последовательность включений и выключения питания отдельных узлов.

Для обеспечения безопасности перед началом работы необходимо убрать волосы, подготовить для работы необходимый инструмент и приспособления, приготовить рабочий стол. Также необходимо осмотреть прибор и проверить отсутствие внешних повреждений электрооборудования, наличие и исправность контрольных, измерительных и сигнальных приборов, компьютера, тумблеров, переключателей и т.п.

При обнаружении неисправностей, не допускается проводить ремонт самостоятельно, необходимо доложить ответственному лицу. Наладка прибора и его ремонт осуществляется только сервис-инженерами [25].

Запрещается приступать к работе, если выявлены неисправности любого используемого оборудования, если персонал не прошел в установленном порядке обучение и проверку знаний безопасности труда.

Безопасность работы с электрооборудованием возрастает, если помещение чистое, свободное от пыли, паров, кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающий коррозию.

После окончания работы с установкой необходимо:

- выйти из программы, отключить питание компьютера;
- отключить установку от электросети;
- опустить рубильник электроснабжения.

Согласно правилам устройства электроустановок токоведущие части не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные

прикосновению части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током в нормальном режиме работы электроустановки, а также при повреждении изоляции [25].

Существуют электротехнические средства для защиты людей, работающих с электрооборудованием, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги и электромагнитного поля. Они делятся на основные и дополнительные. К основным относятся средства защиты, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановки, и которые позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением. К дополнительным относятся средства защиты, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту. В работах с электрооборудованием следует при необходимости применять такие средства индивидуальной защиты, каски, противогазы, рукавицы и т.п..

Следует помнить, что характер и последствия поражения зависят от величины, частоты и пути прохождения тока, продолжительности воздействия. Своевременно оказанная помощь при поражении током позволяет сохранить жизнь пострадавшему. Поэтому помощь должна быть оказана немедленно. При оказании первой помощи пострадавшего необходимо отсоединить от токоведущей части, одновременно защищая себя от опасности контакта с тоководами.

При поражении работника электрическим током необходимо в первую очередь как можно скорее освободить пострадавшего от воздействия электрического тока: отключить рубильник, выключатель; вывернуть пробки; удалить предохранители и так далее.

Далее проверить состояние пострадавшего. Нельзя дотрагиваться до металлических предметов и до тела пострадавшего. Можно касаться только его одежды. Следует надеть диэлектрические перчатки или обмотать руку сухой тряпкой, шарфом или краем рукава. Встать на сухие доски, бревна, свернутую сухую одежду, резиновый коврик или надеть диэлектрические галоши.

При легких поражениях пострадавшего следует вынести на свежий воздух. Если дыхание очень резкое и судорожное, необходимо сделать искусственное дыхание. При остановке дыхания и отсутствии пульса делают искусственное дыхание и непрямой массаж сердца. Вызвать при необходимости скорую помощь или, при необходимости, организовать доставку пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. О произошедшем несчастном случае поставить в известность руководителя структурного подразделения.

5.3.2 Пожарная безопасность

Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности включают:

- Организацию пожарной охраны (в установленном порядке) соответствующего вида (профессиональной, добровольной и т.п.), численности и технической оснащенности;
- паспортизацию веществ, материалов, изделий, технологических процессов и объектов в части обеспечения пожарной безопасности;
- широкое привлечение общественности к вопросам обеспечения пожарной безопасности;
- организацию обучения рабочих, служащих, учащихся и населения правилам пожарной безопасности;
- разработку мероприятий по действиям администрации безопасной, инструкций о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и о действиях людей при возникновении пожара;
- разработку мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организации эвакуации людей;
- изготовление и применение средств наглядной агитации по

обеспечению пожарной безопасности.

Перед началом работ были проведены инструктаж по правилам пожарной безопасности и пользованию средств пожаротушения, а также ознакомление с планом эвакуации.

При работе соблюдались следующие технические мероприятия для обеспечения пожарной безопасности.

- В электрооборудовании использовались только стандартные предохранители.
- Соединительные шнуры были выбраны с учетом соответствующих токов и напряжений, поставляются в комплекте с электрооборудованием.
- Для устранения причин короткого замыкания регулярно проводились профилактические осмотры оборудования. Силовой щит закрыт огнеупорным кожухом для предотвращения выгорания окружающих предметов от возможных искр, возникающих при его коммутации.
- Работа производилась в помещении, удовлетворяющем требованиям правил техники пожарной безопасности.
- Не применялись нагревательные приборы с открытыми элементами.
- После окончания работы необходимая часть оборудования обесточивалась.
- Проходы не загромождались и в помещении не курили.

Помещение было обеспечено средствами пожарной сигнализации и пожаротушения.

При возникновении возгорания необходимо немедленно прекратить работу, отключить электрооборудование, позвонить в подразделение пожарной охраны по телефону 01 или 010, сообщить о случившемся руководителю подразделения и приступить к тушению огня первичными средствами пожаротушения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование особенности вертикального переноса радона из грунта в приземную атмосферу было проведено.

Сформирована база данных по результатам измерения плотности потока радона, объемной активности радона и метеорологических параметров. В ней представлены данные мониторинга с 10/2016 по 02/2018.

Проведена обработка экспериментальных данных по радиационным величинам и метеопараметрам. Данные представлены так, что можно наблюдать суточные и сезонные изменения радиационных величин.

Суточные вариации ППР по альфа-излучению (10см) хорошо коррелируют с изменениями атмосферной температуры. Повышение температуры предотвратило выброс потока радона на поверхность. Суточное изменение ППР по бета-излучению (10см) коррелирует по относительно большой задержке с температурой воздуха.

Суточные вариации ОА радона в почве хорошо коррелируют с изменениями атмосферной температуры в летнее время. Максимальное значение объемной активности почвенного радона наблюдается на дневное время, а минимум приходится на раннем утреннем время.

Сезонные вариации ППР по α (10см) отражают зависимость от температуры сезонов в Томске. В жаркое время ППР по α (10см) в основном изменяет температуру воздуха довольно равномерно. В холодное время года процесс корреляции обращается обратно пропорционально.

Сезонные вариации ОА почвенного радона по α -излучению на глубинах 0,5м и 1м в зависимости температуры воздуха.

Давление влияет на пики спектров суточных вариаций ППР по α (10см) в течение длительного времени. Давление воздуха коррелирует на ППР по α (5 см) очень ясно. ППР по α (5 см) не зависит от температуры воздуха, но сильно зависит от атмосферного давления. Для ППР по β (10 см), корреляция с давлением происходит почти сразу по обратной пропорции.

Изучение влияния влажности воздуха на ППР показало, что между ними существует хорошая корреляция. Высокая влажность облегчает выпускать радона из почвы.

Таким образом, реальная значимость данного исследования заключается в том что, результаты и экспериментальный анализ данных могут быть полезны для выявления районов с высоким риском высокого уровня радона для населения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Depth and seasonal variations for the soil radon-gas concentration levels at Wadi Naseib area / Korany K. A., Shata A. E., Hassan S. F., Nagdy MSE // Sinai, Egypt, 2013.
2. Estimation of the Global ^{222}Rn Flux Density from the Earth's Surface / Shigekazu Hirao, Hiromi Yamazawa, Jun Moriizumi // 2010.
3. Daily and seasonal variations in radon activity concentration in the soil air / Monika Mullerova, Karol Holy, Martin Bulko // 2014.
4. Suppression of radon exhalation from soil by covering with clay-mixed soil / Masakazu Ota, Takao Iida, Hiromi Yamazawa, Shuichi Nagara, Yuu Ishimori, Kazuhiko Sato, Takayuki Tokizawa // 2012.
5. Radon chaotic regime in the atmosphere and soil / V Radolic, B Vukovic, D Stanic, J Planinic // 2005.
6. Meteorological parameters contributing to variability in ^{222}Rn activity concentrations in soil gas at a site in Sapporo, Japan / Fujiyoshi R., Sakamoto K., Imanishi T., Sumiyoshi T., Sawamura S., Vaupotic J., Kobal I. // 2006.
7. Continuous measurement of radon exhalation rate of soil in Beijing / Lei Zhang, Qiuju Guo, Ke Sun // 2015.
8. Soil heat flux and air temperature as factors of radon (Rn-222) concentration in the near-ground air layer / Agnieszka Podstawczyńska, Włodzimierz Pawlak // 2016.
9. Radon concentration in soil gas: a comparison of the variability resulting from different methods, spatial heterogeneity and seasonal fluctuations / Winkler R., Ruckerbauer F., Bunzl K. // 2001.
10. Geological and geochemical factors affecting radon concentrations in dwellings located on permeable glacial sediments / Sundal, A. V., Henriksen H., Lauritzen S. E., Soldal O., Strand T., Valen V. // 2004.
11. Diurnal radon variations in the upper soil layers and at the soil-air interface related to meteorological parameters / M. Schubert, H. Shultz. // 2002.

12. The development of radiation monitoring technology for urban // Bulletin KRAESC Physical and Mathematical Sciences / Yakovleva V. S., Nagorskiy P. M. // 2015.
13. Method of monitoring of undisturbed radon flux density from soil surface / V.S. Yakovleva, P.M. Nagorskiy, G.A. Yakovlev // 2016.
14. Моделирование влияния атмосферы и состояния литосферы на динамику плотности потока радона и торона от поверхности почвы // Моделирование влияния атмосферы и состояния литосферы на динамику плотности потока радона и торона / Яковлева В.С. // Бюллетень ТПУ, 2010.
15. Особенности калибровки детекторов ионизирующих излучений, используемых для мониторинга почвенного радона / В.С. Яковлева, П.М. Нагорский // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. Науки. 2015. № 1(10). С. 54-64. ISSN 2079-6641.
16. Dynamics of soil gas radon concentration in a highly permeable soil based on a long-term high temporal resolution observation series / Szabó, K. Z., Jordan, G., Horváth, Á., Szabó, C. // Journal of environmental radioactivity, 2013.
17. Seasonal variation on radon emission from soil and water / Yogesh Prasad, Ganesh Prasad, G. S. Gusain, V. M. Choubey, R. C. Ramola // 2009.
18. Об основах охраны труда в Российской Федерации: Федеральный закон от 17.07.99 № 181 // Справочная правовая система Консультант плюс.
19. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация // Справочная правовая система Консультант плюс.
20. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
21. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
22. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы и правила Российской Федерации. М.: Изд-во стандартов, 1995.-30 с.

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

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

25. M. Wilkening / Radon in the Environment // 1990.

26. Приложение 2. Измерение плотности потока радона-222 с поверхности грунта / ntm.ru.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

FEATURES OF THE VERTICAL TRANSFER OF RADON FROM THE GROUND TO THE SURFACE ATMOSPHERE

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM6B	Нго Тхань Тунг		

Руководитель английской части ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ	Лаас Р.А.			

Консультант – лингвист ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ	Кабрышева О.П.			

CONTENTS

1 Literature review.....	92
1.1 Seasonal variation of radon flux density from the earth's surface.....	92
1.2 Seasonal variations of radon in soil.....	94
1.3 Daily variation of radon flux density from the earth's surface.....	97
1.4 Daily variation of radon in soil.....	98
1.5 Influence of meteorological parameters on radon in the soil and radon flux density.....	100
1.5.1 Influence of pressure.....	100
1.5.2 Influence of temperature.....	100
1.5.3 Influence of humidity.....	102

1 Literature review

1.1 Seasonal variation of radon flux density from the earth's surface

An estimate of the global distribution of radon flux density from the Earth's surface [2] for the period 1979-2007 using the radon exhalation model shows that the global average flux density for this 29-year period was estimated at 21.3 mBq/m²s.

The distribution of the flux density had annual and seasonal variations. The average value for radon flux density in the period from 1999 to 2007 shows a small increase of 1 mBq/m²s.

There are significant regional differences, for example, in the northern part of North America and in Australia the difference is 4 times.

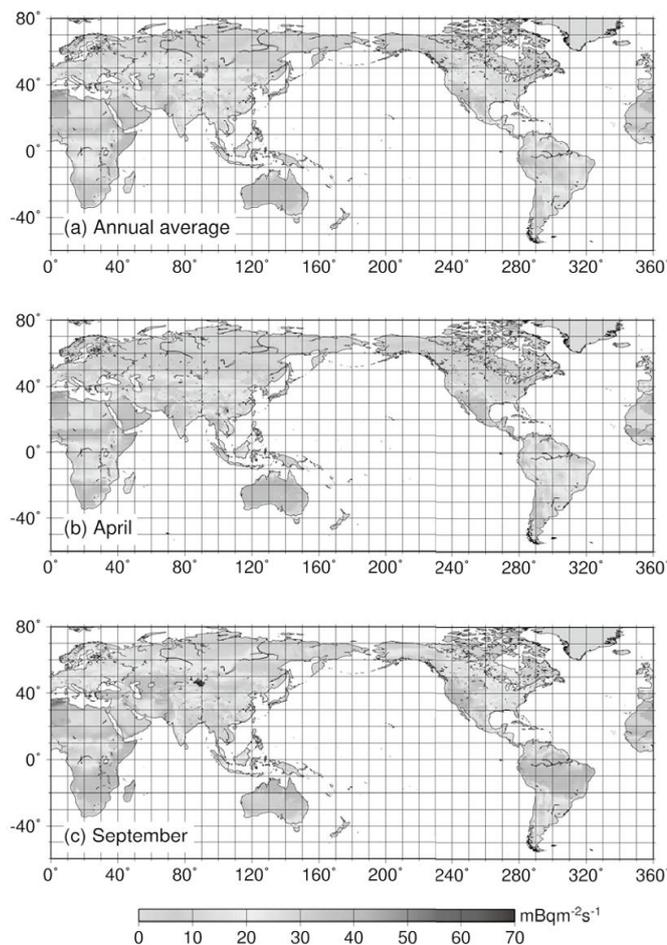


Figure 1.1 Global distribution of radon flux density averaged over the period from 1979 to 2007: (a) average annual, (b) composition of distribution in April, (c) Distribution composition in September [2]

On the contrary, seasonal fluctuations averaged over the 29-year period are large, starting from a minimum in March to a maximum in September, increasing by 1.26 times.

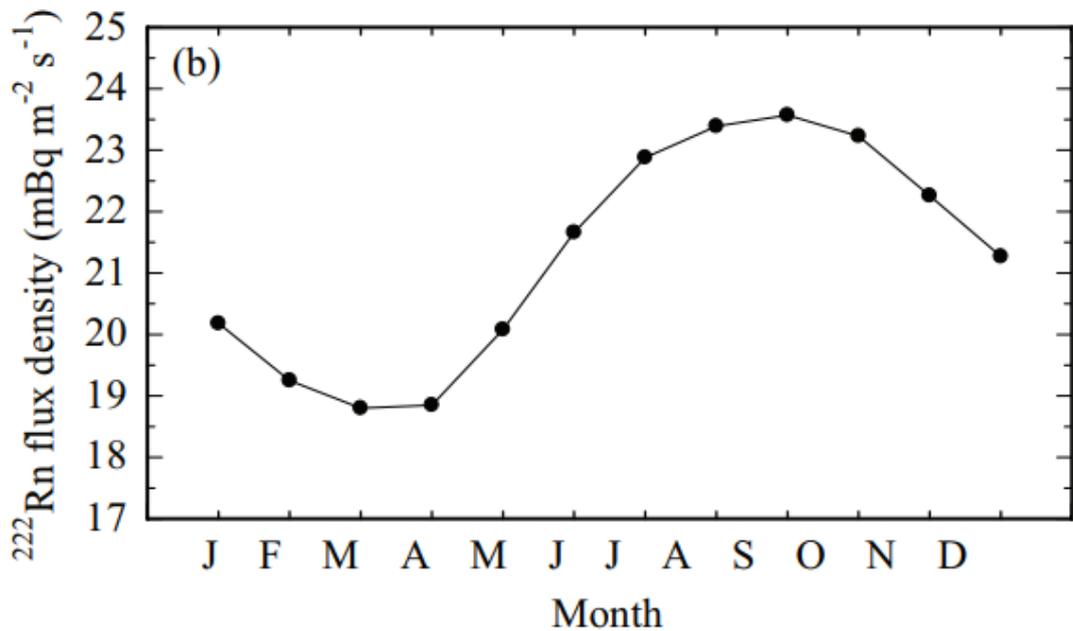


Figure 1.2 Seasonal variation of global radon flux density for the period from 1979 to 2007 [2]

It was found that the most significant factor causing changes in monthly flux density is the water content in the soil, followed by ^{226}Ra and, less importantly, soil temperature.

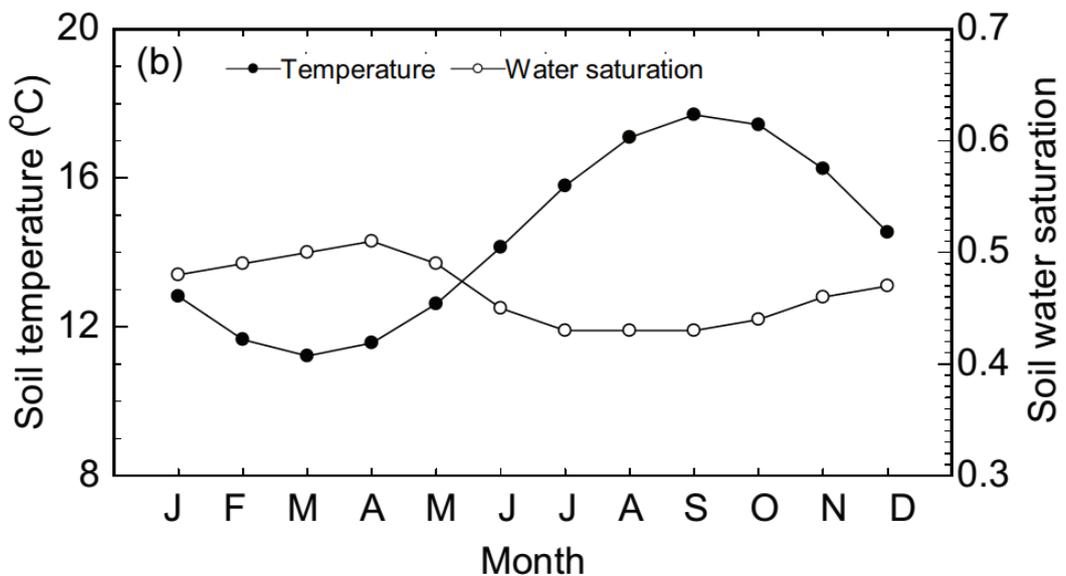


Figure 1.3 Seasonal variation of global radon flux density for the period from 1979 to 2007 [2]

The topographic strength of the earth's surface increases the radon flux density by 2% globally, but by more than 10% in mountain areas [2]. The flux density of radon is seriously affected by the uncertainty in water saturation. Estimating the global distribution of radon flux density can be improved by taking into account the dependence of the emanation coefficient on the soil texture.

1.2 Seasonal variations of radon in soil

Seasonal variations of soil radon were investigated in [1], [3] and [17]. The study of seasonal changes in radon in soil gas is very effective in order to calculate the risk and contribution of radon sources to the concentration of radon in a room on a particular site.

Static parameters of the soil, depending on the grain size, porosity, soil type and meteorological parameters play an important role in the emission of radon from different environments [17].

Radon is constantly measured in soil gas on the Badshahi-Tau campus, Tehri Garwal in the Himalayas, using the radon emanometer since December 2002. Radon anomalies in soil gas are associated with meteorological parameters recorded at the measurement site. Differences in average radon concentrations in soil gas in different seasons are given in Table 1.1. The main meteorological parameters that affect radon emanation are ambient temperature, barometric pressure, wind speed and rain. The registered values of air temperature, relative humidity, rain in the study zone are given in Table 1.2.

The concentration of radon in the soil gas was registered continuously at the control site from March 2004 to May 2006. During this period, the radon concentration in the soil gas was changed from 557 Bq/m³ to 10336 Bq/m³.

In 2004, the maximum average radon concentration in soil gas in autumn is 4.2 times the minimum radon concentration in soil gas in summer. In 2005, the maximum average radon concentration in soil gas in autumn is 2.5 times the minimum radon concentration in soil gas in winter. In 2006, the maximum average radon

concentration in soil gas in winter is 1.4 times the minimum radon concentration in soil gas in summer. Variations in radon concentration in soil gas indicate that the release of radon from the soil is strongly disturbed by the meteorological conditions of the monitoring site.

Table 1.1 The average monthly radon value recorded in soil gas with seasonal mean and standard deviation [17]

Months	Soil-gas radon concentration (Bq/m ³)	Standard deviation	Average for one season (Bq/m ³)
Dec-02	N.A	N.A	N.A
Jan-03	N.A	N.A	N.A
Feb-03	N.A	N.A	N.A
Mar-03	N.A	N.A	N.A
April-03	N.A	N.A	N.A
May-03	N.A	N.A	N.A
Jun-03	N.A	N.A	N.A
Jul-03	N.A	N.A	N.A
Aug-03	N.A	N.A	N.A
Sep-03	N.A	N.A	N.A
Oct-03	N.A	N.A	N.A
Nov-03	N.A	N.A	N.A
Dec-03	N.A	N.A	N.A
Jan-04	N.A	N.A	N.A
Feb-04	N.A	N.A	N.A
Mar-04	1445	1918	
April-04	2338	1403	
May-04	1945	4099	1982
Jun-04	1718	1753	
July-04	557	313	
Aug-04	7035	3751	3532
Sep-04	1072	913	
Oct-04	8708	8449	
Nov-04	10336	5621	8248
Dec-04	6925	913	
Jan-05	3819	2430	
Feb-05	4461	3853	3177
Mar-05	1859	843	
April-05	3956	3567	
May-05	4221	2579	3990
Jun-05	3728	2075	
Jul-05	2246	2362	
Aug-05	5912	4057	5968
Sep-05	8584	6084	
Oct-05	8348	5030	
Nov-05	7996	3664	8085
Dec-05	7656	3869	
Jan-06	3889	4186	
Feb-06	1409	814	4446
Mar-06	6253	3911	
April-06	3438	2755	
May-06	1917	916	3148

Table 1.2 Monthly averages of meteorological parameters [17]

Months	Average temperature (°C)		Average relative humidity (%)		Average rain fall (mm)
	Min	Max	Min	Max	
Dec-02	1.3	14.2	50.1	71.2	0.5
Jan-03	1.6	12.5	52.7	70.3	2.1
Feb-03	1.4	11.2	64.7	82.1	10.4
Mar-03	5.0	16.8	55.6	76.6	1.2
April-03	9.6	23.1	38.9	57.5	1.8
May-03	11.1	26.1	33.9	52.9	0.8
Jun-03	14.9	26.0	61.7	77.0	1.8
July-03	15.3	23.6	81.0	95.7	13.4
Aug-03	15.2	23.3	83.4	96.3	6.6
Sep-03	14.1	22.0	88.6	95.8	2.7
Oct-03	8.2	22.2	51.3	68.7	0.0
Nov-03	4.0	17.8	50.3	75.2	0.0
Dec-03	1.2	12.7	61.5	85.0	0.9
Jan-04	0.4	11.0	65.6	86.7	3.9
Feb-04	4.1	14.1	57.3	86.8	0.1
Mar-04	10.2	22.0	30.0	60.3	0.0
April-04	12.1	24.3	42.9	64.3	1.6
May-04	14.6	26.0	41.0	62.3	1.5
Jun-04	15.5	24.2	68.9	84.3	4.0
Jul-04	16.5	22.9	82.2	93.9	12.5
Aug-04	16.2	22.5	84.0	97.8	8.5
Sep-04	14.7	22.7	80.8	96.7	5.4
Oct-04	8.8	18.7	69.3	86.7	3.5
Nov-04	5.5	16.4	65.5	93.8	0.0
Dec-04	3.3	14.4	60.5	81.3	0.1
Jan-05	0.9	10.7	70.5	89.2	1.2
Feb-05	2.0	10.8	70.1	87.2	4.2
Mar-05	6.4	17.6	60.3	72.5	2.4
April-05	9.7	23.4	34.4	52.9	0.5
May-05	11.6	26.6	36.0	63.0	0.8
Jun-05	14.7	29.3	33.5	59.3	0.4
July-05	15.8	22.2	86.7	97.5	13.2
Aug-05	15.4	22.8	84.0	96.0	3.4
Sep-05	13.7	22.1	82.1	94.2	7.0
Oct-05	9.6	20.8	69.6	90.8	0.05
Nov-05	5.4	18.5	48.9	72.0	0.0
Dec-05	3.2	16.3	41.3	70.6	0.0
Jan-06	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Feb-06	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Mar-06	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
April-06	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
May-06	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

The correlation coefficient of the concentration of radon gas with meteorological parameters was calculated. The concentration of radon in the soil gas shows a negative correlation (-0.3) and (-0.2) with maximum and minimum

temperature in the atmosphere, respectively. As the temperature of the ground surface increases, the radon emanation coefficient increases from the soil surface, which leads to a decrease in radon concentration in the soil gas in the auger hole. The concentration of radon in the soil gas shows a weak positive correlation (0.1) with minimum and maximum relative humidity.

The form of the annual concentration of radon activity in soil air depends mainly on the type of soil and temperature changes in the external atmosphere during the year, precipitation and soil moisture [3]. During the years with dry summers and cold winters, an anticorrelation was observed between the concentration of radon activity in the soil and the temperature in the atmosphere (Figure 1.4).

For the soil type in the measurement site, a significant effect of precipitation on the concentration of radon activity can be observed. The influence of precipitation is the strongest in the lower layers of the soil (0.4 m). It was also found that the time delay between precipitation and increased concentration of radon activity depends on the depth at which radon was measured (Figure 1.5).

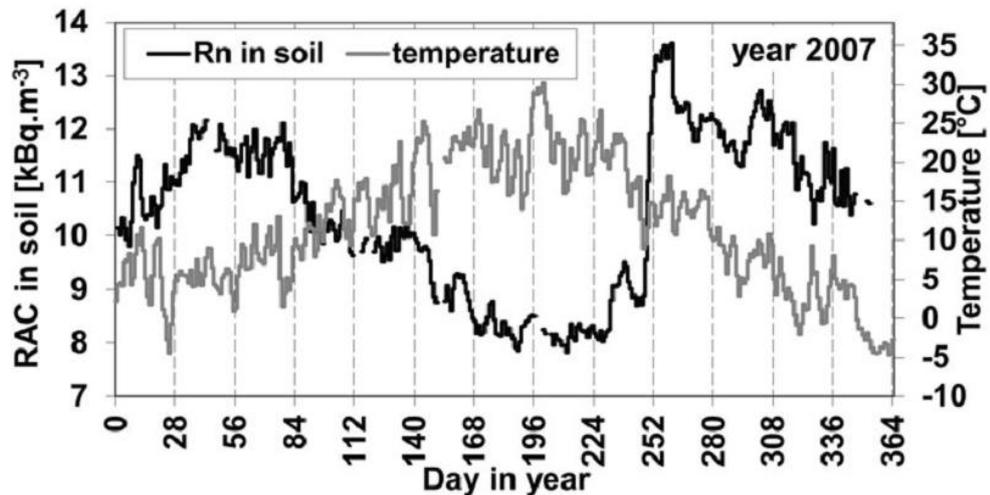


Figure 1.4 Mean daily average values of radon activity concentration in air of soil and temperature of external atmosphere in 2007 [3]

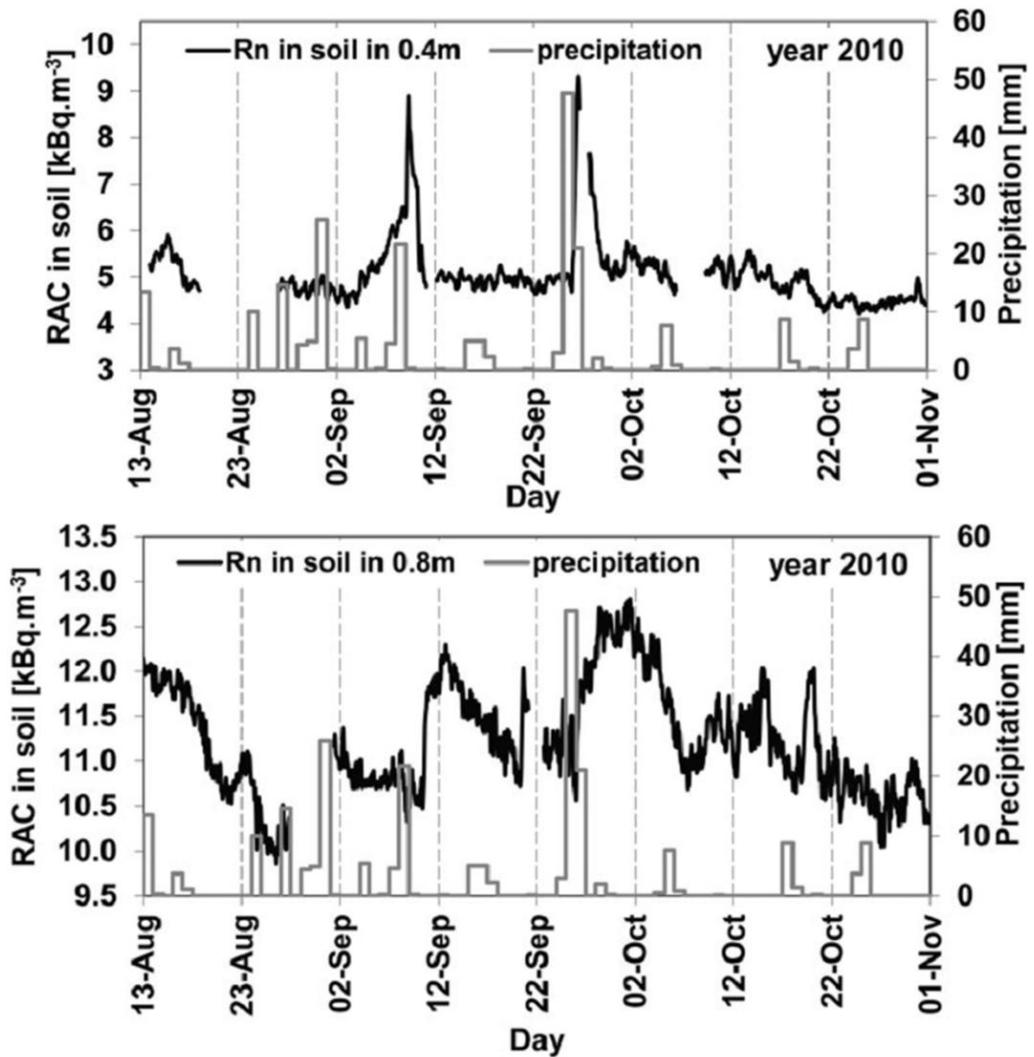


Figure 1.5 The effect of rain on the concentration of radon activity in soil air at a depth of 0.4 m and 0.8 m in 2010 [3]

1.3 Daily variation of radon flux density from the earth's surface

Temporal changes in the expiration of radon from the soil surface to the atmosphere are mainly due to temporary changes in the water content in the soil [25]. Heating the earth's surface with solar radiation during the day and cooling overnight cause diurnal changes in the soil water of the surface soil [4].

The radon flux from the bare area (Figure 1.12) showed large changes in a few days, as well as smaller periodic changes, the latter of which were caused by daily changes in water content in the surface soil, and the former can be attributed mainly to precipitation.

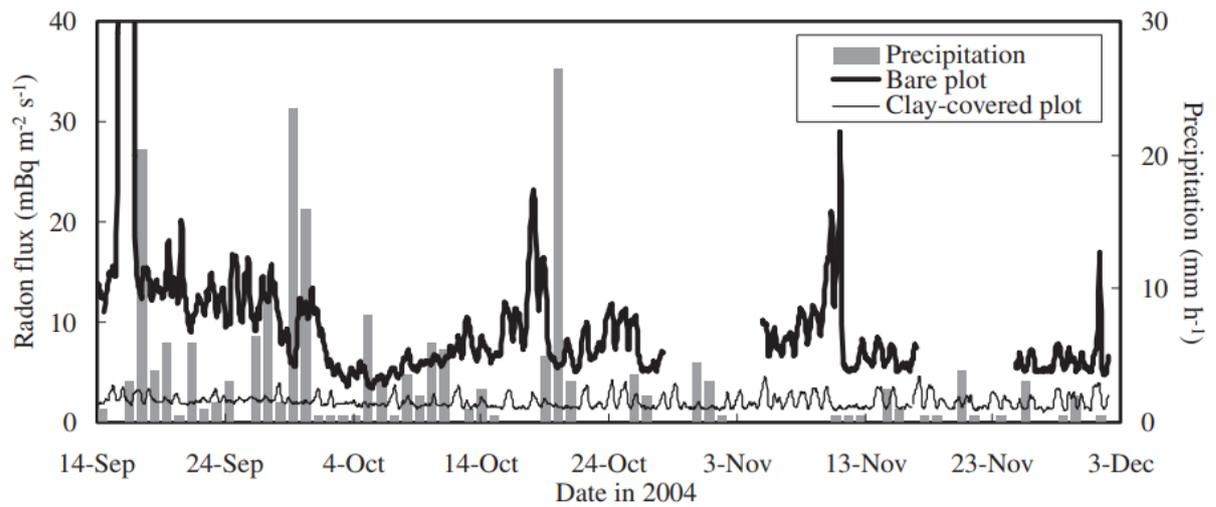


Figure 1.6 Temporal changes in observed precipitation and measured radon flux at the site [4]

Since there was no heavy rain for several days after the installation of the camera, the radon flux of the bare area increased to 168 mBq / m². However, after a heavy rain on September 17, the flow fell sharply and remained low during subsequent precipitation. The radon flux of the bare section varied in the range 3-168 mBq / m². S with an average value of 10 mBq / m². Because of the significant amount of precipitation during the measurement period, the radon flux of the bare area was much lower than in the previous study at the same site.

1.4 Daily variation of radon in soil

Daily variations of soil radon were investigated in [3] and [6]. The results of long-term continuous monitoring of the concentration of radon activity in soil air at a depth of 0.8 m [3] show great variability with diurnal changes. For the soil type in the measurement site, a significant effect of precipitation on the concentration of radon activity can be observed. The influence of precipitation is the strongest in the lower layers of the soil (0.4 m). It was also found that the time delay between precipitation and increased concentration of radon activity depends on the depth at which radon was measured.

Daily variations in the concentration of radon activity in soil air at a depth of 0.8 m can be considered as short-term changes in terms of radon half-life.

Data analysis confirms that regular daily variations in the concentration of radon activity in soil air are associated with daily changes in atmospheric pressure. The increase in atmospheric pressure leads to a decrease in the concentration of radon activity in the near-surface layer of soil air and vice versa [3].

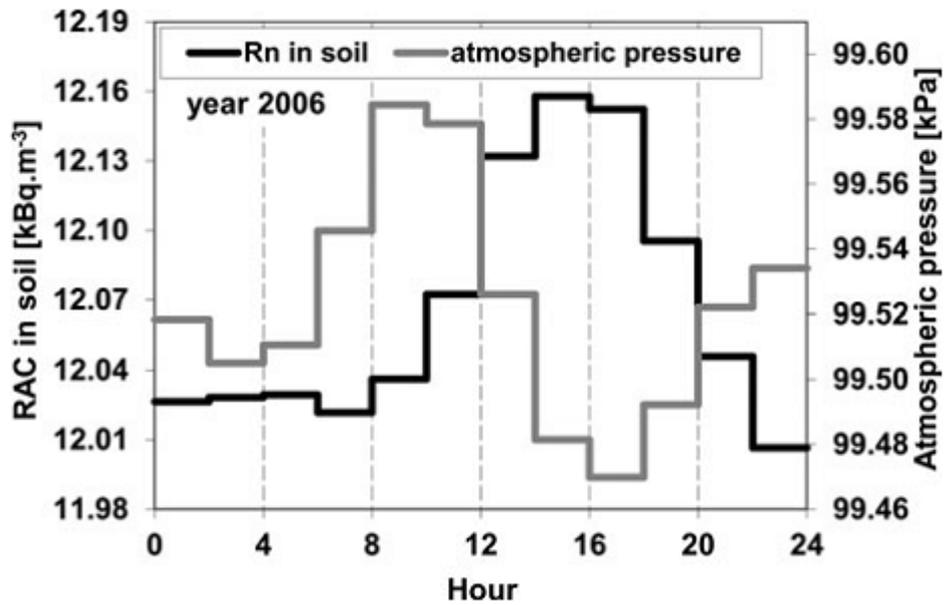


Figure 1.7 Average daily courses of atmospheric pressure and concentration of radon activity in soil air [3]

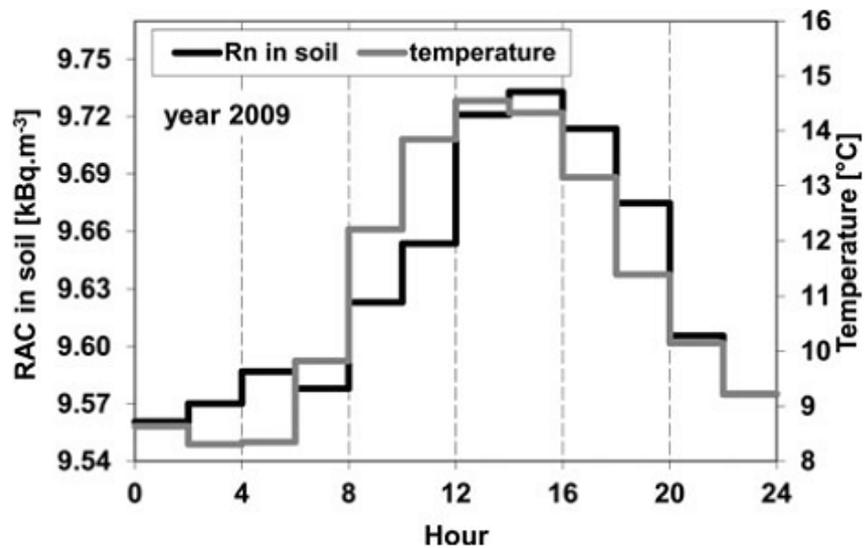


Figure 1.8 Average daily rate of radon activity concentration in soil air and temperature [3]

However, daily changes in atmospheric pressure depend on diurnal temperature changes. Therefore, the relationship between daily changes in the concentration of radon activity in soil air and daily changes in temperature was studied.

1.5 Influence of meteorological parameters on radon in the soil and radon flux density

1.5.1 Influence of pressure

Temporal variations in radon concentration in soil and atmospheric pressure [5] are presented in Figure 1.13. In addition to the daily periodicity of radon concentration, which can also be observed in pressure variations, large peaks and deep valleys in radon concentration are seen.

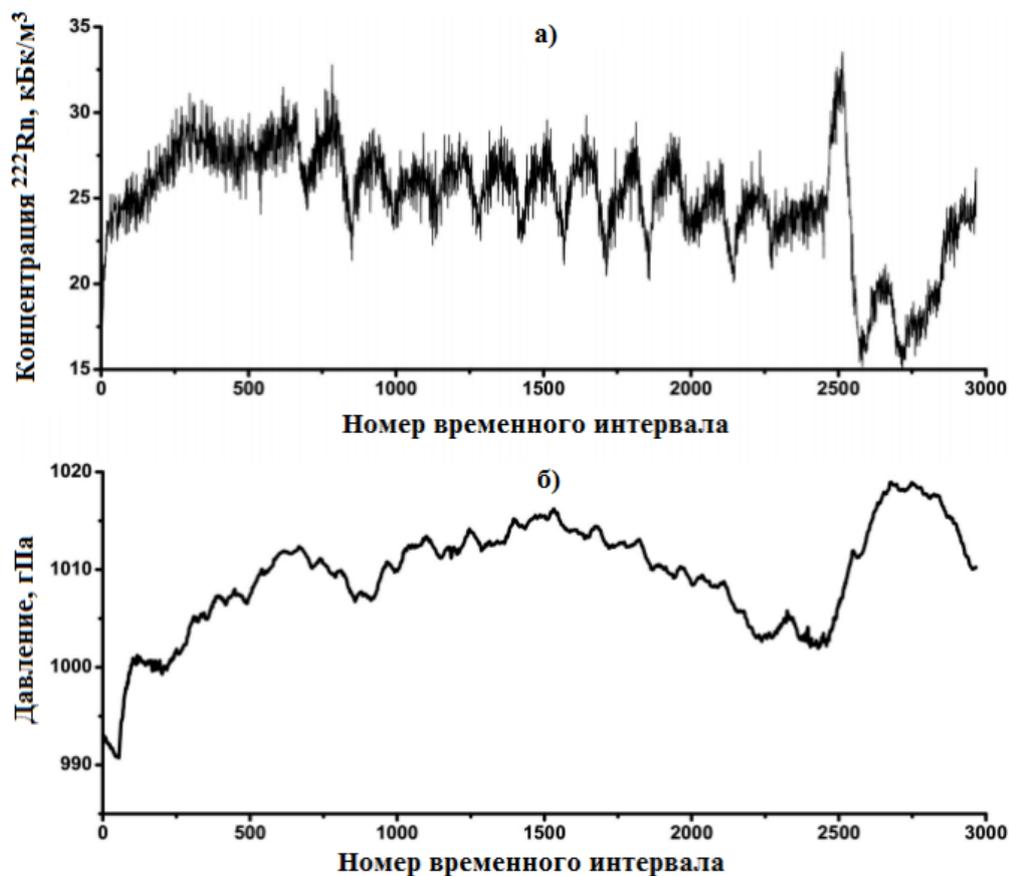


Figure 1.9 Change in radon concentration in soil over time (10-minute intervals) (a), variations in atmospheric pressure (b) [5]

You can see about the 2500th reading, a decrease in pressure corresponds to an increase in radon concentration, and vice versa.

1.5.2 Influence of temperature

Monitoring radon in soil gas since November 22, 2004 revealed a variability in activity concentration over time on the campus of the University of Hokkaido in Sapporo, Japan [6]. It was found that among the various factors affecting the levels and variability of soil radon, the temperature was dominant for three seasons, when the radon activity concentrations showed a daily high and night minimum with a boundary of about 10 am. The activity gradually decreased as the soil temperature decreased from the end of November to the middle of December. After the surface of the earth was completely covered with snow, the levels of soil radon became small with small fluctuations. In the winter, there were several radon peaks on the time series chart.

Figure 1.14 shows the graphs of the time series of soil radon levels, as well as the average hourly soil temperature values measured at a depth of 10 cm from 24 to 30 September 2005. This is typical of data obtained at another time.

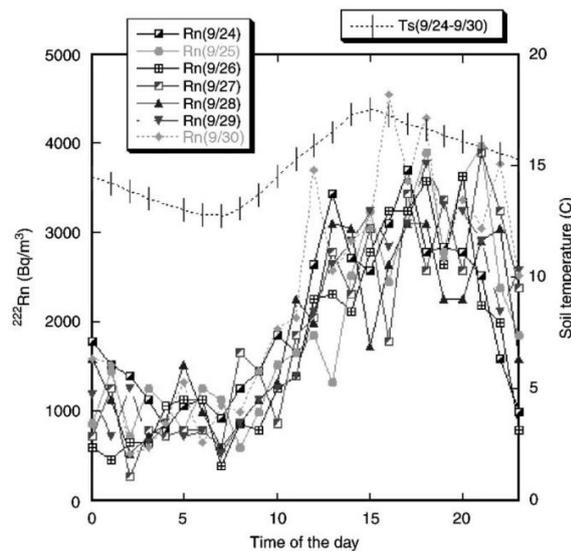


Figure 1.10 Hourly change in the concentration of radon activity in soil gas and average soil temperature, measured at a depth of 10 cm from 24 to 30 September 2005 [6]

Levels of the soil level of radon have a daily maximum and a night minimum. Such variability is strongly associated with the atmospheric (and, consequently, soil) temperature, as shown in the figure. Consequently, there is a good correlation between the daily concentration of radon and the temperature in the soil at a depth of 10 cm (Figure 1.15). The data show that an increase in soil temperature of 1 ° C can lead to an increase in the level of soil radon at 740 Bq / m³ in similar meteorological conditions compared to the observation period of September 24-30, 2005.

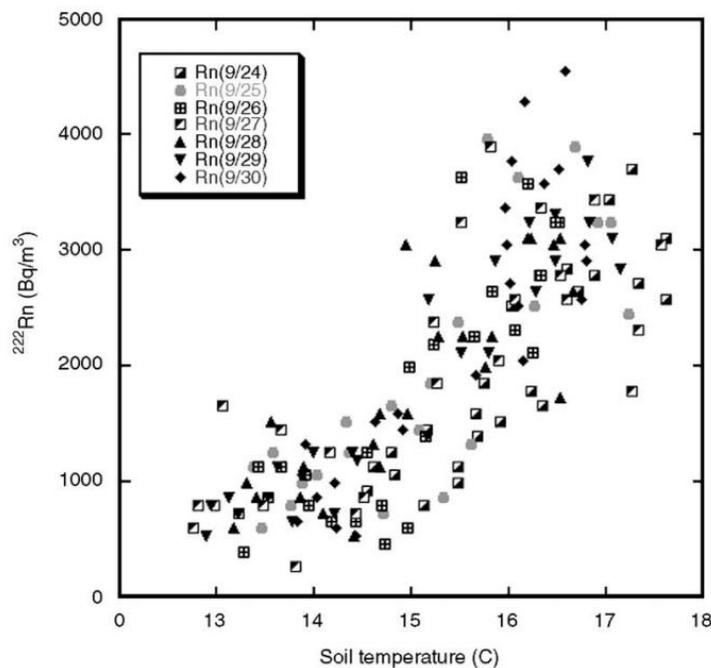


Figure 1.11 The relationship between the concentration of radon activity and soil temperature from 24 to 30 September 2005 [6]

It was found that soil temperature is the most important factor affecting the level and variability of soil radon. The concentration of activity was low in winter, when the surface of the earth was covered with snow.

1.5.3 Influence of humidity

The change in the air porosity due to changes in soil moisture can be an important parameter that regulates the variability of soil radon.

A continuous measurement system was developed and applied to measure the rate of expiration of radon soil in Beijing from April 17, 2012 to February 19, 2013 in

a small garden at Peking University [7]. The rate of exhalation of radon soil shows a great variety after precipitation, which may increase in the near future, 2-3 times more than in 4 hours. It is necessary to pay attention to this phenomenon, especially on uranium tails, where the rate of exhalation of radon can be quite high. The periodic variation in the expiration of radon soil was detected in the spring, but higher in the daytime and lower at night, which may be due to periodic changes in soil moisture.

To illustrate the relationship between the rate of radon exhalation and precipitation, a continuous measurement result from May 17 to 23 is shown in Figure 1.11. The dark point is the rate of exhalation of radon for each hour, the blue histogram illustrates precipitation with different precipitation.

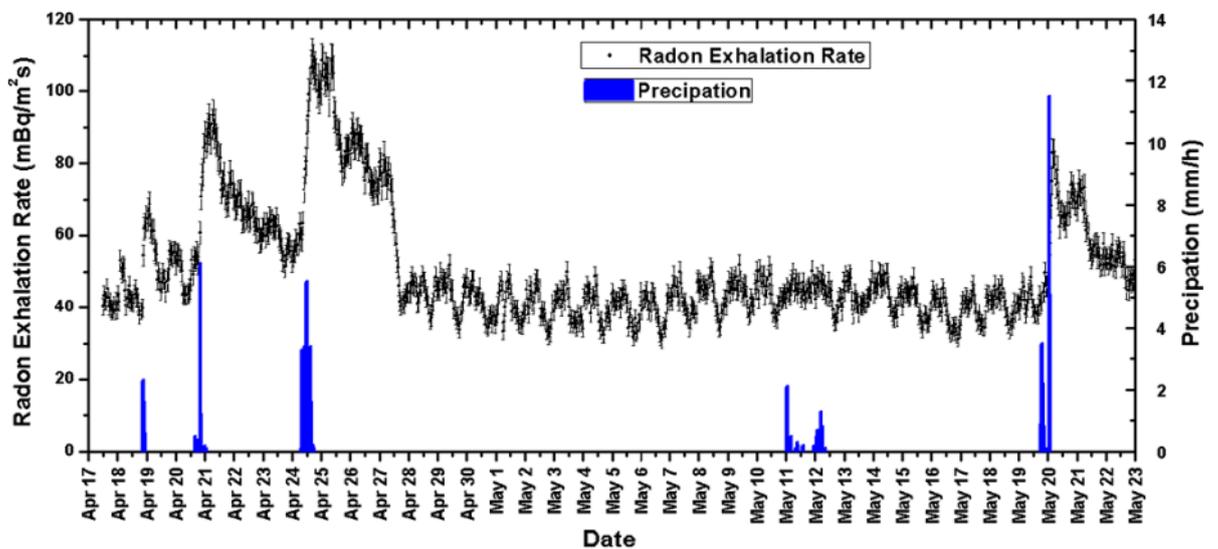


Figure 1.12 Continuous measurement of radon expiration rate from April 17 to May 23 [7]

The rate of exhalation of radon varies with precipitation. The rate of exhalation of radon increases sharply after rain. Apparently, the increase has a positive relationship with precipitation. The more precipitation is, the higher the rate of exhalation of radon is.