

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

Институт Физико-технический

Направление подготовки 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Кафедра Физико-энергетических установок

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование динамики почвенного радона

УДК 546.296:504.5:631.42

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ5Б	Ганбат Мунх-Эрдэнэ		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН ИСГТ	Верховская М.В.	к.экон.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФЭУ	Долматов О.Ю.	к.ф.-м.н, доцент.		

Томск – 2017 г

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»**

Институт: Физико-технический

Направление подготовки: (специальность): 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Кафедра: Физико-энергетических установок

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____
(Дата) Долматов О.Ю.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ5Б	Ганбат Мунх-Эрдэнэ

Тема работы:

Исследование динамики почвенного радона	
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. 2) Формирование базы данных по результатам измерения объемной активности радона в грунте. 3) Статистическая обработка экспериментальных данных по ОА радона в грунте. 4) Поиск закономерностей в поведении почвенного радона на суточном, годовом и синоптическом масштабах. Выявление влияющих факторов. 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	Ермакова Я.В.
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 каф. ПФ НИ ТПУ	Яковлева В.С.	д.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ5Б	Ганбат Мунх-Эрдэнэ		

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

Институт: Физико-технический

Направление подготовки (специальность): Ядерные физика и технологии

Уровень образования: Магистратура

Кафедра Физико-энергетических установок

Период выполнения: весенний семестр 2017 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.03.2017	<i>Обзор и анализ литературы</i>	...
01.04.2017	<i>Изучение оборудования, схемы установки</i>	...

08.04.2017	<i>Анализ базы данных по результатам измерений объемной активности радона в грунте</i>	
29.04.2017	<i>Статистическая обработка экспериментальных данных. Поиск закономерностей в поведении почвенного радона на суточном, годовом и синоптическом масштабах.</i>	
13.05.2017	<i>Выявление влияющих факторов.</i>	
27.05.2017	<i>Оформление пояснительной записки, презентации</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф.ПФ НИ ТПУ	Яковлева В.С.	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФЭУ	Долматов О.Ю.	к.ф.-м.н, доцент		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0AM5B	Ганбат Мунх-Эрдэнэ

Институт	Физико-технический	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>- Анализ конкурентных технических решений - SWOT-анализ</i>
<i>Формирование плана и графика разработки научного исследования</i>	<i>- Иерархическая структура работ - Календарный план-график реализации проекта</i>
<i>Составление бюджета научного исследования</i>	<i>Бюджет НИР: - Расчет материальных затрат; - Расчет амортизации оборудования; - Затраты на оплату труда исполнителей; - Отчисления во внебюджетные фонды; - Накладные расходы</i>
<i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности исследования</i>	<i>Определение ресурсоэффективности НИ</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
<i>Карта конкурентных технических решений Матрица SWOT Иерархическая структура работ Календарный план проекта</i>	<i>5. Линейный план-график проекта 6. Бюджет проекта 7. Определение ресурсоэффективности проекта</i>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН ИСГТ	Верховская М.В.	К.ЭКОН.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM5B	Ганбат Мунх-Эрдэнэ		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0AM5Б	Ганбат Мунх-Эрдэнэ

Институт	Физико-технический	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	<i>– воздействие на организм человека; – приведение допустимых норм; – предлагаемые средства защиты.</i>
2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	<i>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM5Б	Ганбат Мунх-Эрдэнэ		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме “Исследование динамики почвенного радона” содержит 106 с., 33 рисунок, 16 таблиц, 25 использованных источников, 1 приложение.

Ключевые слова: объемная активность радона, динамика почвенного радона, суточные вариации, сезонные вариации, влияющие факторы, выявленные закономерности, объемная активность радона в зависимости от метеорологических параметров.

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

Цель работы – исследование особенностей динамики радона в почвенном воздухе и поиск влияющих факторов.

В процессе исследования проводился поиск закономерностей в поведении почвенного радона на суточном и сезонном 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 и приземной атмосфере.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	13
1.1 Сезонная вариация в концентрации почвенного радона в зависимости от глубины почвы	14
1.2 Суточная вариация в концентрации почвенного радона в зависимости от метеорологических параметров	19
1.3 Выводы по разделу	26
2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	27
2.1 Схема мониторинга подпочвенного радона	27
2.2 Используемая аппаратура.....	28
2.3 Калибровка детекторов для измерения почвенного радона.....	32
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПОЧВЕННОГО РАДОНА	33
3.1 Исследование суточных вариаций ОА радона в грунте	33
3.1.1 Влияющие факторы	33
3.1.2 Выявленные закономерности в суточной динамике	39
3.2 Исследование сезонных вариаций ОА радона в грунте	44
3.2.1 Влияющие факторы	44
3.2.2 Выявленные закономерности в сезонной динамике	47
3.3 Выводы по разделу	48
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	49
4.1 Предпроектный анализ.....	49
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	50
4.1.2 SWOT-анализ	53
4.2 Планирование управления научно-техническим проектом.....	55
4.2.1 Иерархическая структура работ проекта	55
4.2.2 Контрольные события проекта	56
4.2.3 План проекта	57
4.3 Бюджет научно-технического исследования	59
4.3.1 Расчет материальных затрат	59
4.3.2 Расчёт амортизации оборудования для экспериментальных работ.....	60
4.3.3 Затраты на оплату труда исполнителей научно-технического исследования.....	62
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды.	64

4.3.5 Накладные расходы	64
4.4 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования.....	65
4.5 Организационная структура проекта	66
4.6 Матрица ответственности.....	67
4.7 Определение ресурсной эффективности исследования.....	68
5. Социальная ответственность.....	72
5.1 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ	73
5.1.1 Организационные мероприятия	73
5.1.2 Технические мероприятия	73
5.2 Анализ выявленных вредных факторов	76
5.2.1 Микроклимат.....	76
5.2.2 Шум и вибрация	77
5.2.3 Освещение	78
5.2.4 Электромагнитное поле.....	78
5.2.5 Ионизирующее излучение.....	79
5.3 Анализ выявленных опасных факторов.....	80
5.3.1 Электробезопасность	80
5.3.2 Пожарная безопасность.....	83
Заключение	85
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	88
Приложение А	91

ВВЕДЕНИЕ

Изучение поля радона в прикладных целях было начато еще в 1945 г [1], когда эманационную съемку применили для поиска и разведки месторождений радиоактивных руд.

Облучение радоном вместе со всеми продуктами распада является одним из наиболее важных источников дозы ионизирующего излучения и его принято считать что ответственны за 80% [2] дозы облучения от всех природных источников радиации.

В самом деле, интерес изучения почвенного радона связан с тем, что почвенный радон представляет собой значительный источник радона в атмосфере помещений. В настоящее время, много исследований проведенных в сфере воздействия радона на здоровье человека показывают что радон вносит наибольший вклад в облучение радиации человека.

При вдыхании продуктов распада изотопов радона увеличивается риск развития рака дыхательных путей, особенно легких. Следует отметить, что вдыхание радоном способствует около 20'000 случаев смерти от рака легких в каждый год в США и 2000-3000 в Великобритании [3].

Это специально действует в тех регионах мира, где люди проводят много времени в воздухе герметично закрытых помещений.

Потенциально радоноопасная участка может определена непосредственно с помощью измерений концентрации радона внутри помещений или косвенно с использованием концентрации радона в почве, на предыдущей установленной корреляции с концентрацией радона в помещении.

Например, США разработали свою карту радоноопасности на основе сочетания измерений концентрации радона внутри помещений, геологических

характеристик, воздушной радиоактивности, проницаемости почвы и типа фундамента [4].

Хорошо известно, что временная динамика внутренних и наружных концентраций радона показывает сложные образцы, которые частично не легко интерпретировать [5]. Очевидно, что по физическим причинам, они должны быть связаны, возможно, с переменной условия генерации радона, миграции и рассеивания в атмосфере и накопления.

Это значение привело к огромному богатству исследований и литературы о вопросах, связанных с радоном на протяжении десятилетий.

До сих пор расшифровка результатов мониторинга объемной активности почвенного радона представляет собой сложную задачу. Это связано с недостатком исследований в различных геолого-географических условиях. В связи с этим магистерская диссертация посвящена исследованию динамики почвенного радона на разных глубинах, поиску закономерностей и взаимосвязей с метеорологическими параметрами.

Цель настоящей работы – исследование особенностей динамики радона в почвенном воздухе и поиск влияющих факторов.

К задачам работы относятся:

1. обзор литературы по теме исследования.
2. поиск калибровочных коэффициентов для перевода скорости счета импульсов в единицы активности.
3. выявление закономерностей в динамике ОА радона в почвенном воздухе, поиск влияющих факторов.
4. исследование синхронности динамики ОА почвенного радона на разных глубинах в грунте.
5. Анализ полученных результатов.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Экологическое появление газа радон интенсивно изучается в последние десятилетия из-за его вредного воздействия на здоровье человека. Его короткоживущие дочерние продукты, такие как ^{218}Po и ^{214}Po можно прикрепить к аэрозоли (пыль и сигаретный дым) и можно вдохнуться в легкие.

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 [6]:

- Диффузия
- Конвекция, которая может возникнуть при достаточной тепловой градиент, имеющихся в почве, в зависимости от многих локальных параметров, таких как вязкость, пористость, проницаемость.
- Транспорт с помощью газа носителя

Эти процессы определяют концентрацию активности радона в почвенном воздухе, которая зависит от глубины. Концентрация активности почвенного радона возрастает с глубиной и экспоненциально насыщает до равновесной концентрации [7].

В настоящее время опубликованы много статей на динамику почвенного радона во многих странах. Эти исследования показывают, что концентрация почвенного радона зависит не только от содержания ^{226}Ra и его распределение в почве, также на пористость, проницаемость, содержание влаги и метеорологических параметров [6, 8].

В исследовании немецкого ученого Винклера [9] говорится о том, что вариация концентрации почвенного радона в результате сезонных колебаний была более значительным, чем от пространственной неоднородности.

По результатам анализа некоторых исследований подтверждена сезонная вариация концентрации почвенного радона наблюдается, что высокие концентрации в летний период и наоборот, низкие в зимний период.

Некоторые исследователи также нашли аномалии в концентрации почвенного радона под воздействием различных факторов. Например, в Иордании обнаружили аномалии, вызванные разломом земной коры, в районе горы Монблан, Франция обнаружили аномалии в снегу, в Веленце, Венгрия аномалии, вызванные высокими концентраций урана и тория в почве [8]. Основная цель всех этих исследований, чтобы понять феномен повышения концентрации радона и исследовать динамику почвенного радона.

Также радон- оптимальный индикатор при различных исследованиях из-за своих особенностей. С помощью использования особенностей поля радона, предсказание геодинамических процессов (землетрясений, горных ударов, оползней), а также изучение поля радона связано с радиоэкологией, конкретнее с оценкой радоноопасности территорий под строительство жилых и служебных помещений.

1.1 Сезонная вариация в концентрации почвенного радона в зависимости от глубины почвы

В данном исследовании описываются результаты измерений концентрации почвенного радона и анализ влияющих факторов на сезонную вариацию в зависимости от глубины почвы. Одновременный мониторинг

динамики почвенного радона проводился учеными Египта [10] в регионе Вадии Насиб, Египет.

Измерения проводились с помощью трек-детекторов CR-39 в летний и зимний период в 2013 г, на разных глубинах 25, 50, 75 и 100см. Результаты измерений концентрации почвенного радона, в зависимости от глубины почвы в разных сезонах представлены на рисунках 1.1.1 - 1.1.4.

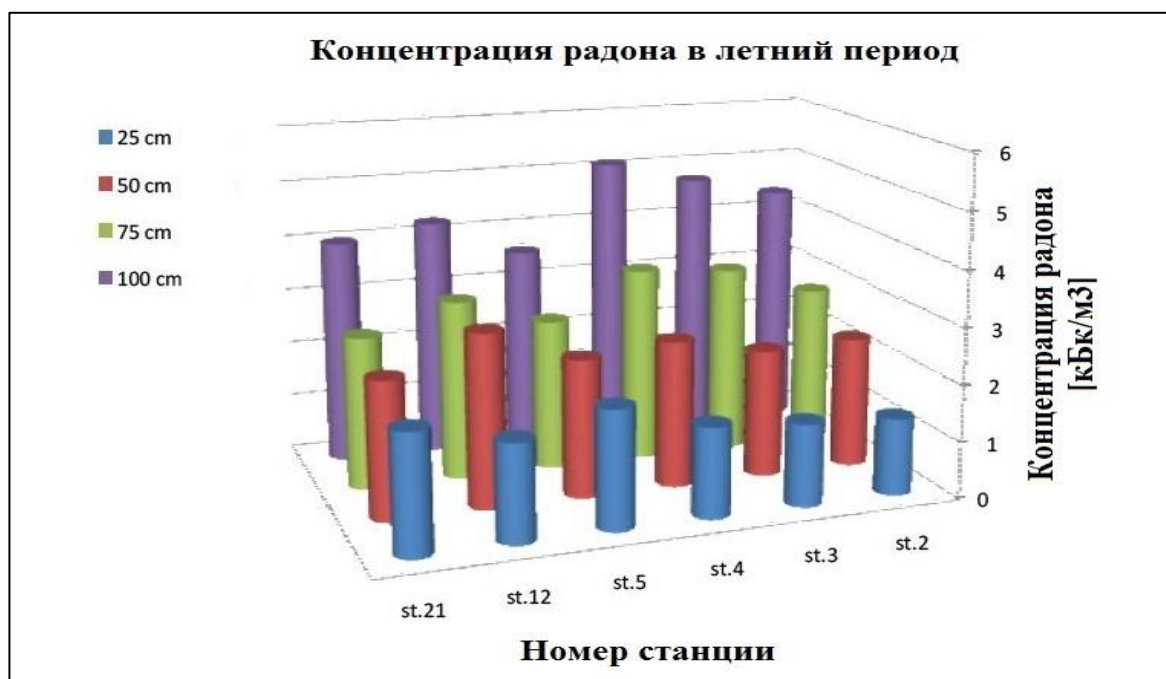


Рисунок 1.1.1 Концентрации почвенного радона, в зависимости от глубины в летний период

Следует отметить, что концентрация радона при глубине 100см почти в два раза превышает концентрацию радона на глубине 25 см. Это связано с тем, что влага в этих геологических участках концентрируется на 20-30 см ниже поверхности в дополнение к влиянию атмосферного давления, которая подавляет диффузию радона вверх [10].

Динамика концентрации почвенного радона зимой систематически ниже, чем летом, это отражает изменения в пористости, проницаемости и содержания влаги в почве, покрывающей геологические формации между двумя сезонами.

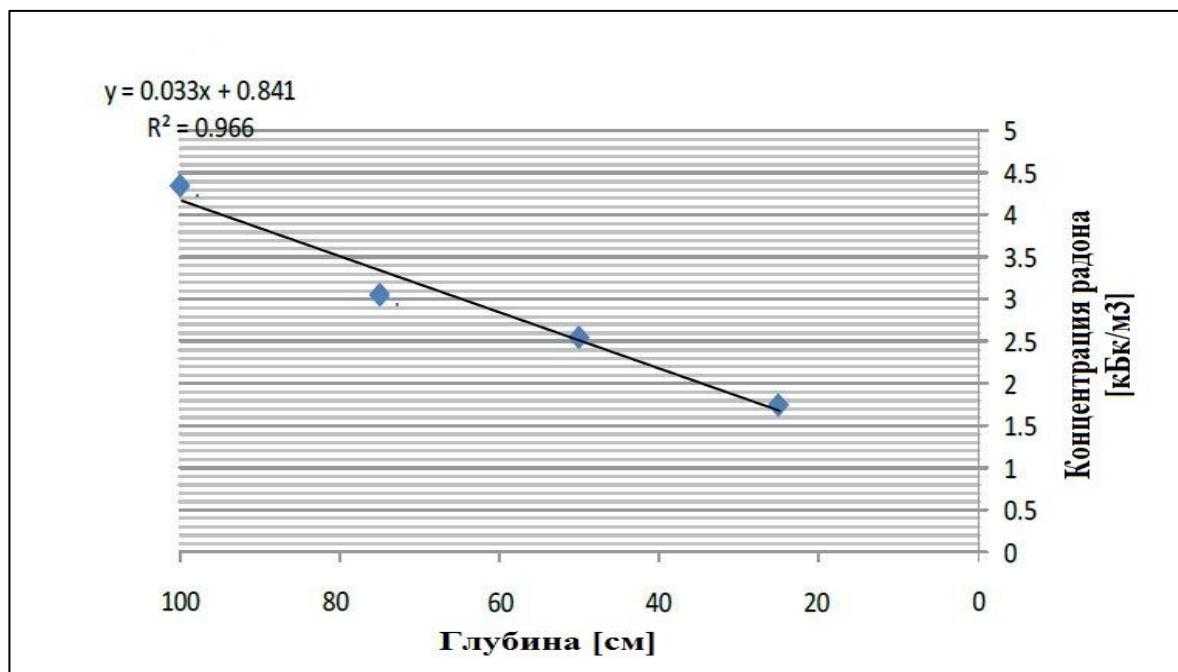


Рисунок 1.1.2 Концентрация почвенного радона в зависимости от глубины почвы в летний период

Это показывает, в частности, что влага, которая является более важным в зимний период, растворяет радон и таким образом препятствует диффузии радона. Если предположить, что вклад почвенного радона в радон помещений составляет 100:1, взятые на глубине 50 см, то соответствующие ожидаемые уровни концентрации внутреннего радона для зоны низкого, среднего и высокого уровня в Бк/м³ 13, 25 и 142 летом, соответственно. Зимой эти цифры составляют 8, 20 и 86 соответственно.

Таблица 1 показывает, что полученные отношения в диапазоне от 1.219 до 1.572. Небольшое соотношение на глубине 100 см (небольшая разница между летом и зимой) может быть связано с движением воды в глубоких слоях.

Таблица 1. Соотношение средних концентраций радона в летнее и зимнее время на разных глубинах

Средняя концентрация радона на разных глубинах	Средняя концентрация, измеренная летом [кБк/м ³]	Средняя концентрация, измеренная зимой [кБк/м ³]	Соотношение Лето/Зима
25 см	1.742 ± 0.168	1.108 ± 0.153	1.572
50 см	2.546 ± 0.254	1.957 ± 0.477	1.3
75 см	3.053 ± 0.265	2.503 ± 0.263	1.219
100 см	4.347 ± 0.359	2.996 ± 0.202	1.45

Авторы данной работы сообщили, что используя полученные результаты для летнего и зимнего времени, можно определить скорости выдоха радона и концентрации радона на поверхности почвы, покрывающей каждую геологическую формацию, что является очень важным, поскольку это способствует в большей степени к уровню концентрации радона внутри помещений, считается опасным для здоровья человека. Полученные значения внутренних уровней концентрации радона вытекает из наших результатов, в течение обоих сезонов, несколько ниже стандартного уровня действий (4пКи/л=148Бк/м³).

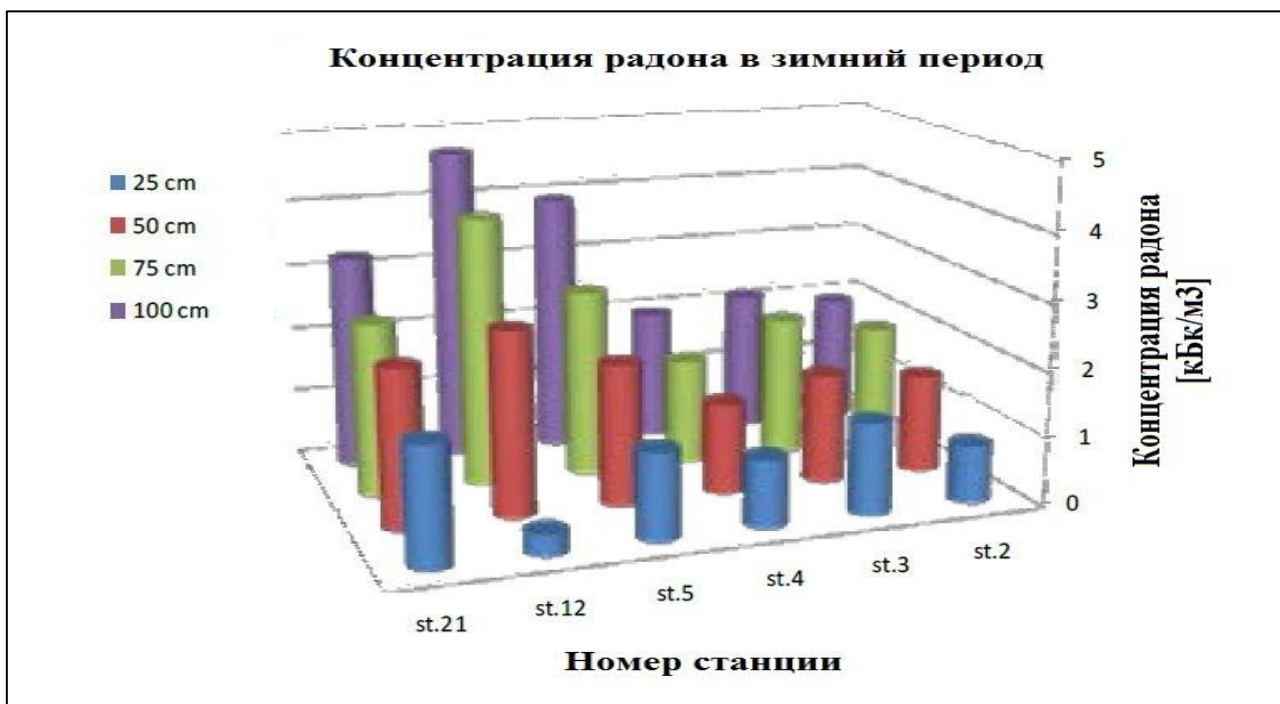


Рисунок 1.1.3 Концентрации радона, в зависимости от глубины в зимний период

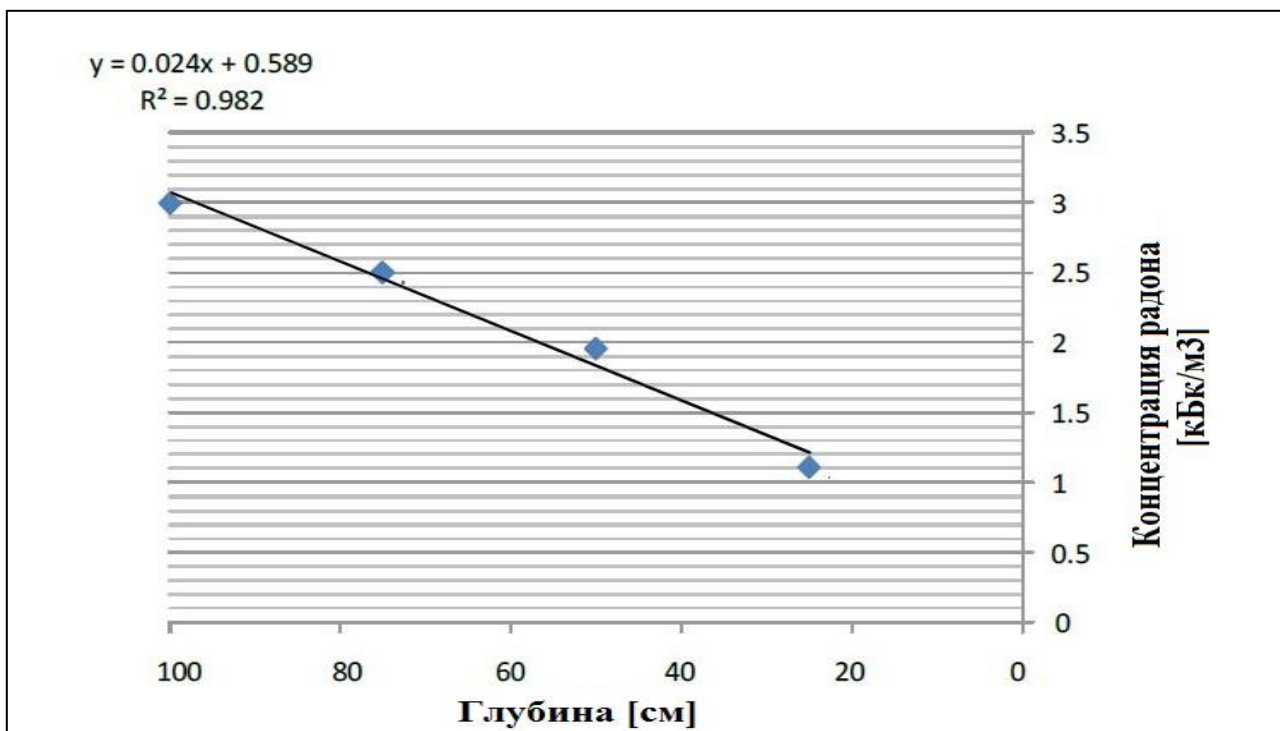


Рисунок 1.1.4 Концентрация почвенного радона в зависимости от глубины почвы в зимний период

1.2 Суточная вариация в концентрации почвенного радона в зависимости от метеорологических параметров

Поскольку естественные почвенные условия редко являются гомогенными и поскольку природа процессов переноса радона в почвенном воздухе является достаточно сложным, прогностическая способность теоретических моделей для описания миграции на территории эксперимента часто ограничено.

Это касается, например, множественного взаимодействия диффузионных и конвективных миграционных процессов и их зависимости от различных метеорологических условий.

Хотя общепризнано, что как интенсивность и направление концентрации почвенного газа радона, регулируется изменением метеорологических параметров, качества и количества краткосрочных метеорологических факторов по-прежнему неизвестна.

Влажность почвы является важнейшим параметром, который в значительной степени зависит от метеорологических условий. Он регулирует сорбцию радона на частицах почвы и может, в частности, в очень сухих и мелкозернистых почвах значительно изменить выброс радона на земную поверхность.

В начале 2000-х годов, зависимость концентрации почвенного радона была исключительно изучена авторами работы [11] на градиенте температуры грунта/атмосфера и скорости ветра. В конце исполнения исследований, авторы сообщили, что значительные суточные вариации в концентрации радона были обнаружены в самом верхнем слое почвы и на градиенте раздела грунт/атмосфера.

Такое поведение не было обнаружено при глубине 30 см и более глубоких слоях почвы. Утверждается, что суточные вариации в концентрации радона в самом верхнем слое почвы в основном связаны с суточной инверсией градиента температуры грунт/атмосфера, что приводит к миграции конвективного почвенного газа в дополнение к общим восходящим диффузионным процессам, в то время как суточные вариации в концентрации радона на границе раздела грунта/атмосфера обусловлены взаимодействием градиента температуры и скорости ветра.

Измерение данного исследования проводилось с помощью симулятора “GAMS” (Gas Migration Simulator) в центре экологических исследований в Лейпциге, Германия. Основной корпус симулятора полностью изготовлен из полиэтилена и имеет форму цилиндрического контейнера емкостью 2м^3 с площадью поверхности 1м^2 .

“GAMS” был установлен на экспериментальной площадке и заполнен однородной смесью песка и урана с постоянной влажностью около 4%. Концентрация радона и температура почвы непрерывно измерялись зондами, установленными при глубинах 0, 5, 30, 70, 140 и 200 см. Концентрацию почвенного радона именно при глубинах 5, 30, 70, 140 и 200 см, измеряли зондом “Clipperton” с диаметром 5 см.

Зонд “Clipperton” является полевым прибором, предназначенным для непрерывного длительного измерения радона в почве, который позволяет измерять концентрацию радона в диапазоне между 100 Бк/м^3 и 1000 кБк/м^3 с точностью 7 %. Он основан на регистрации альфа-частиц, используя полупроводниковый электронный датчик (кремниевый фотодиод Hamatsu S-3590). Подробная информация о приборе “Clipperton” описано в [11].

Концентрация радона на границе раздела (0 см) измерялась с помощью мобильного монитора радона “AlphaGuard PQ2000” и результаты измерений представлены далее на рисунках. Результаты, которые будут обсуждаться, основаны на наборах данных, записанных одновременно в 1-ч интервалом в течение 31 дней в августе 1999 г.

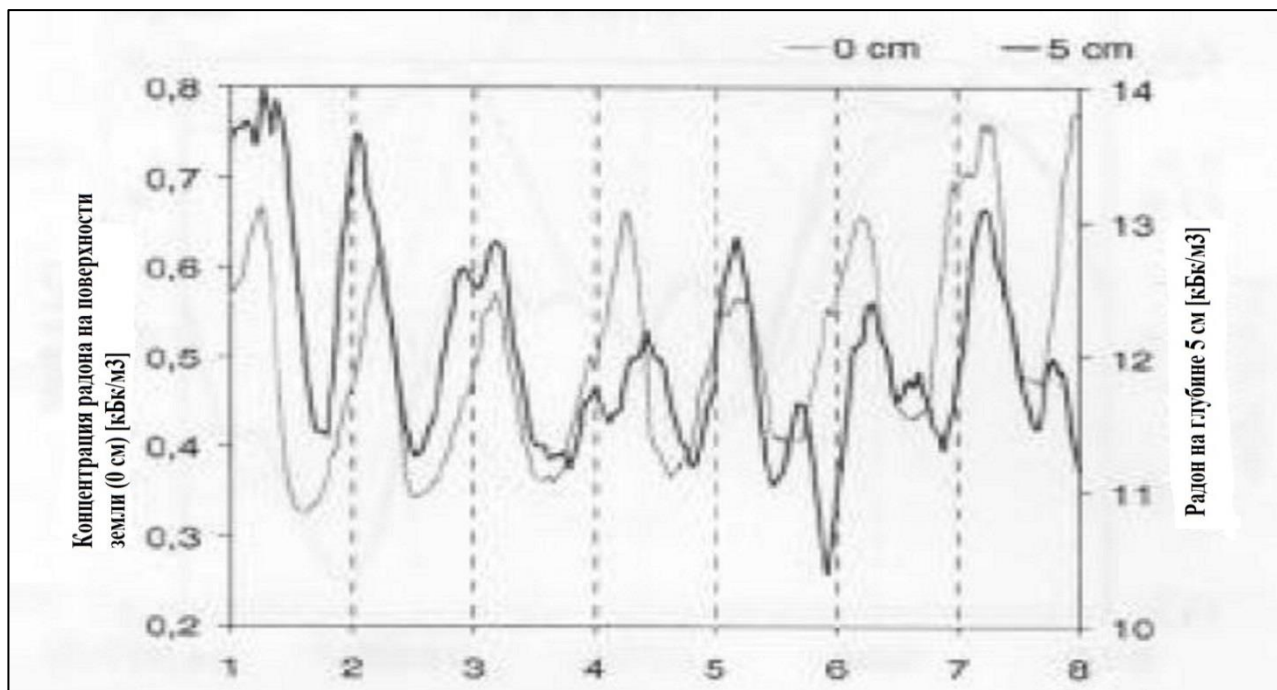


Рисунок 1.2.1 Концентрации радона на границе раздела и на глубине 5 см.

Полночь (00:00) отмечен пунктирными линиями.

Из рисунка 1.2.1 видно, что обе концентрации демонстрируют почти синхронные суточные вариации значительной величины. Самые высокие значения концентрации появляются в ранние утренние часы, тогда как более низкие значения появляются днем.

Следует отметить, что такие суточные колебания не обнаружены при глубинах 30, 70, 140 и 200 см. Авторы рекомендуют, что если бы такие вариации существовали, они полностью маскировались стохастической ошибкой зондов “Clipperton”.

На рисунке 1.2.2 показано, что суточная вариация температуры на границе раздела грунт/атмосфера оказывает прямое влияние на концентрацию радона в самом верхнем слое почвы (5 см).

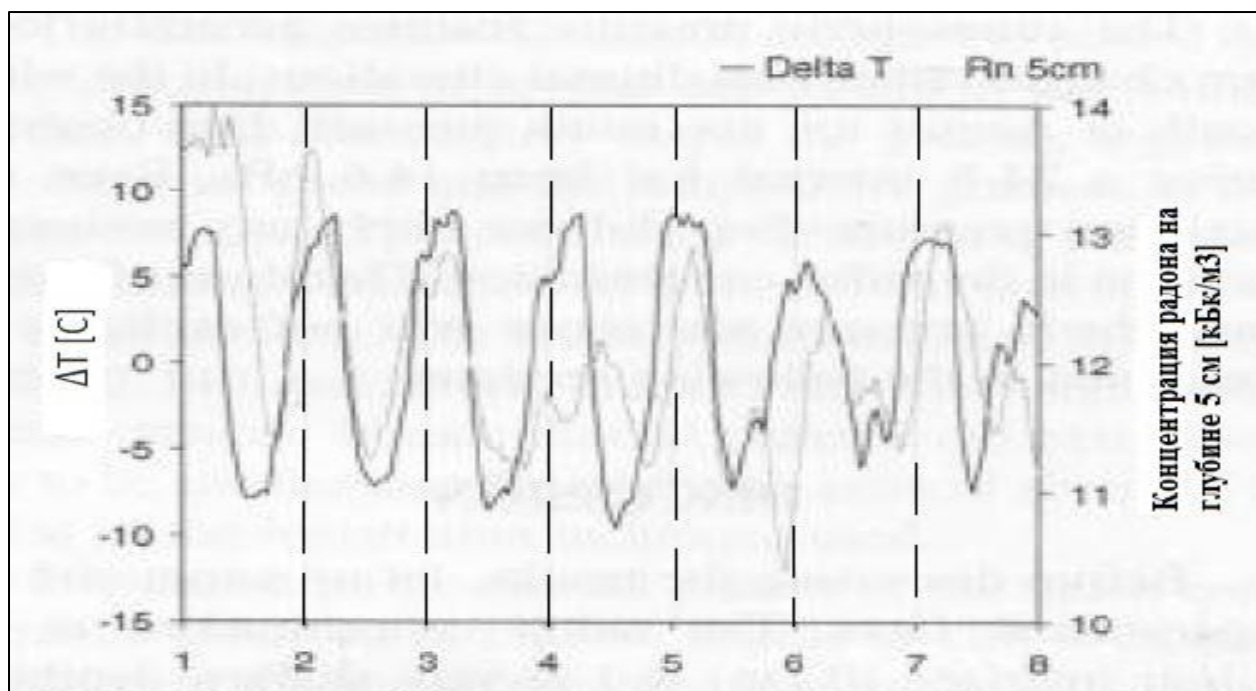


Рисунок 1.2.2 Разность температур на поверхности земли ($\Delta T = T_{\text{поч}} - T_{\text{атм}}$) и концентрация радона на глубине 5 см. Полночь отмечен пунктирными линиями.

Поскольку на 30 см и ниже не заметные суточные вариации температуры наблюдались, которые соответствующих на концентрации радона на этих глубинах.

Как видно из рисунка 1.2.3, скорость ветра показывает видимый/явной дневной и ночной цикл. Суточная периодичность показывает более высокие значения скорости ветра появляются примерно в полдень, а также в начале дня, а самые низкие - около полуночи и в ранние утренние часы.

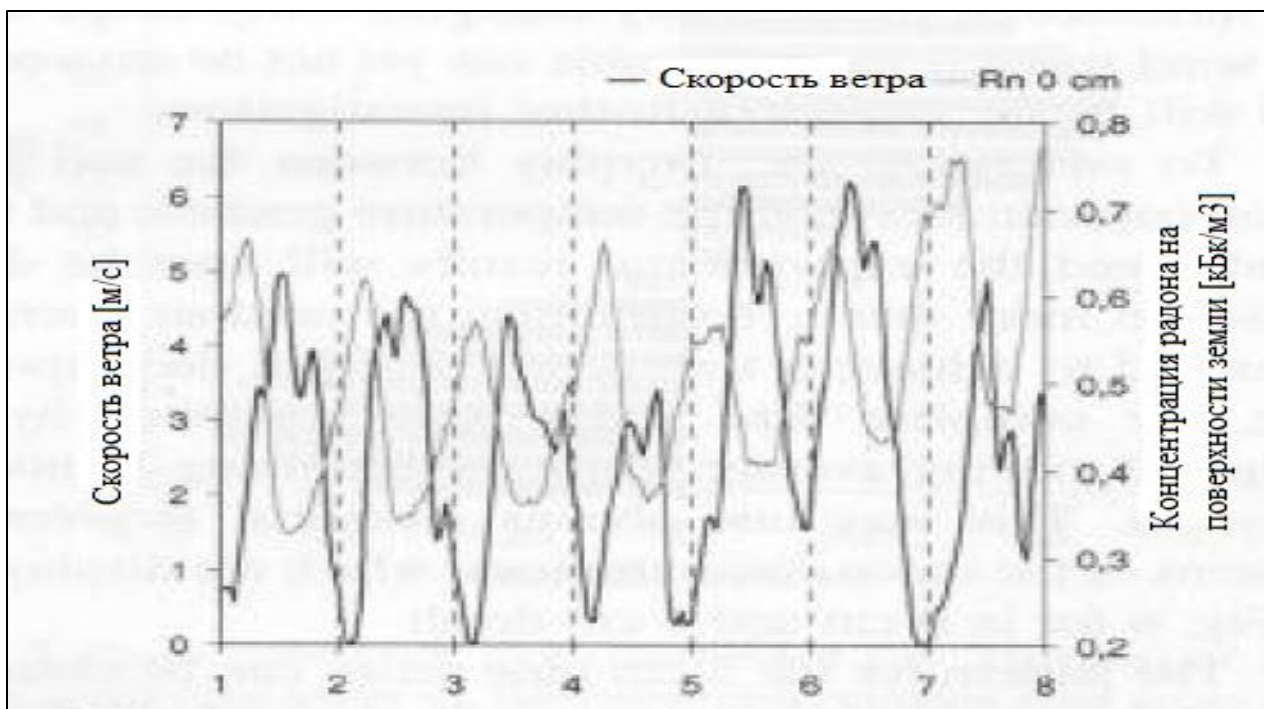


Рисунок 1.2.3 Скорость ветра и концентрация радона на 0 см за период 7 дней.
Полночь отмечен пунктирными линиями.

Типичным ранним утром является более стабильное плато с высокими концентрациями радона. С середины дня концентрация радона падает до более низкого уровня и ведет себя не так, как в утренние часы.

Описанное поведение может быть результатом взаимодействия диффузионных и конвективных процессов переноса в почвенном газе, причем последний срабатывает соответствующий градиент температуры.

Как показано на рисунке 1.2.4, в течение ночи и утренние часы, разность температур между почвой и воздухом, является положительным.

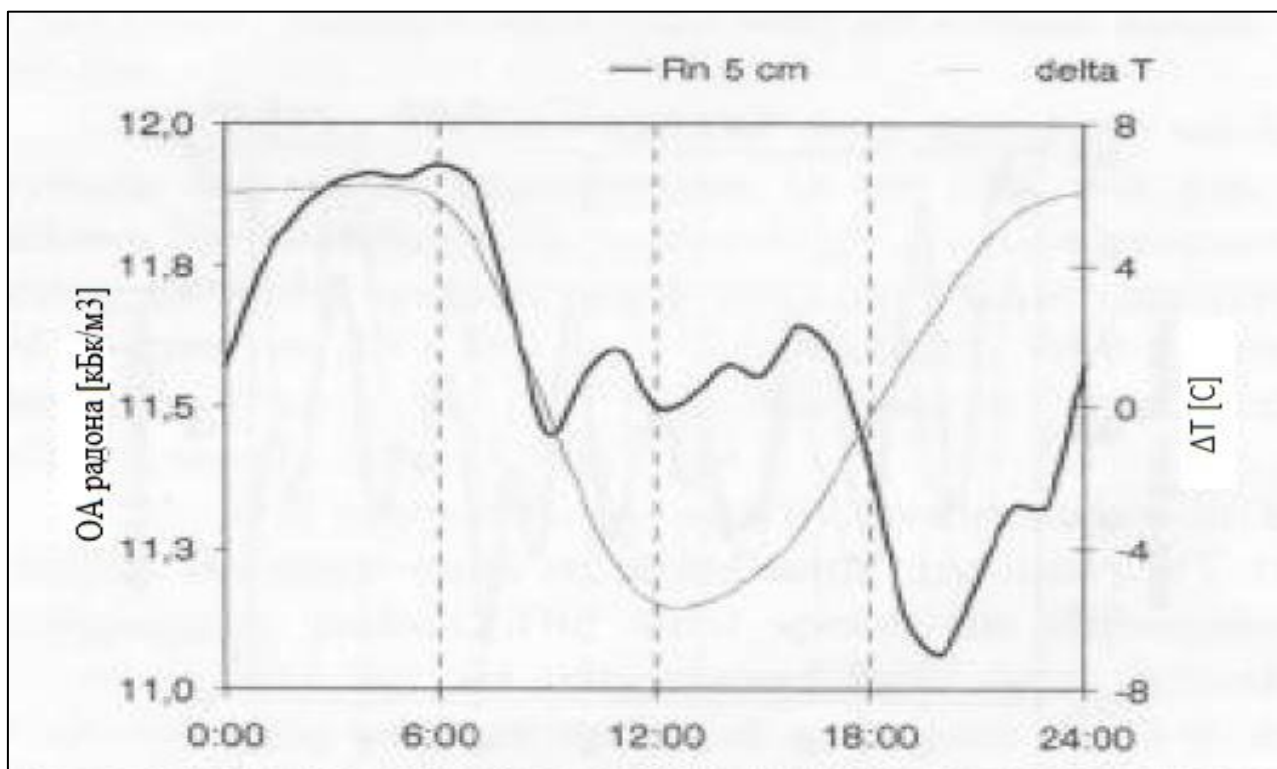


Рисунок 1.2.4 Концентрация радона на глубине 5 см и разность температур на основе 24-часов.

Следовательно, конвективный поток радона, направленный вверх повышает общий диффузионный транспорт, ведущей к максимуму концентрации в начале дня. Как только температура наружного воздуха выше, чем температура почвы, ситуация меняется на обратную.

Также ночью, когда наибольший выдох радона на рисунке 1.2.5, происходит самая низкая скорость ветра, сводя к минимуму турбулентность воздуха.

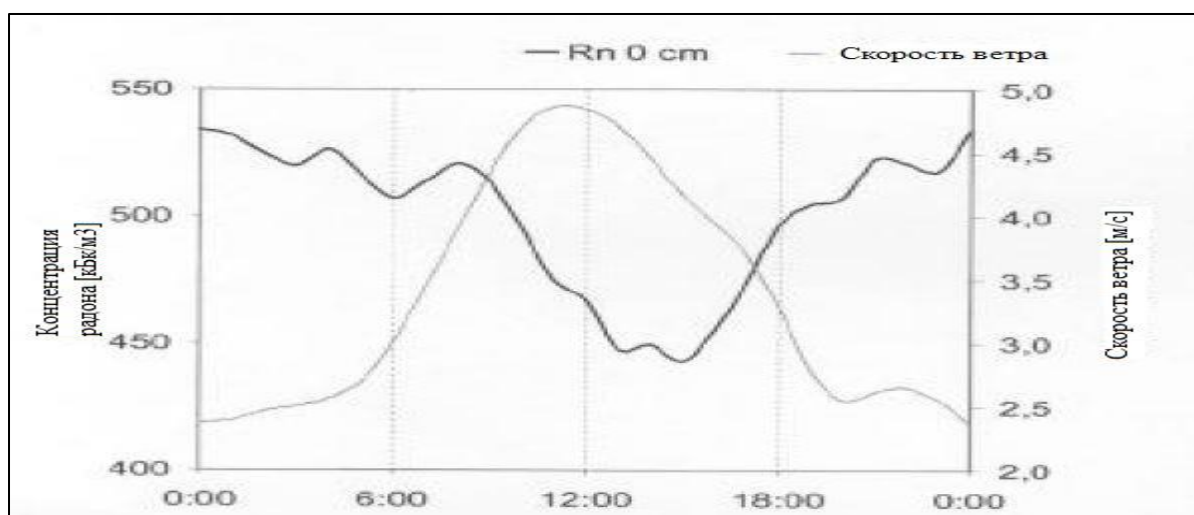


Рисунок 1.2.5 Концентрация радона на поверхности земли (0 см) и скорость ветра на основе 24 часов дня

В течение дня скорость ветра увеличивается, и слой радона, находящийся над землей, сдувается. Связь между концентрацией радона на границе грунта/атмосфера и скоростью ветра, также была исследована с помощью корреляционного анализа (распределенного анализа запаздывания).

Результаты показывают запаздывание на три часа между максимальной (минимальной) скорости ветра и минимальной (максимальной) концентрацией радона на границе раздела грунта/атмосфера (Рисунок 1.2.6).

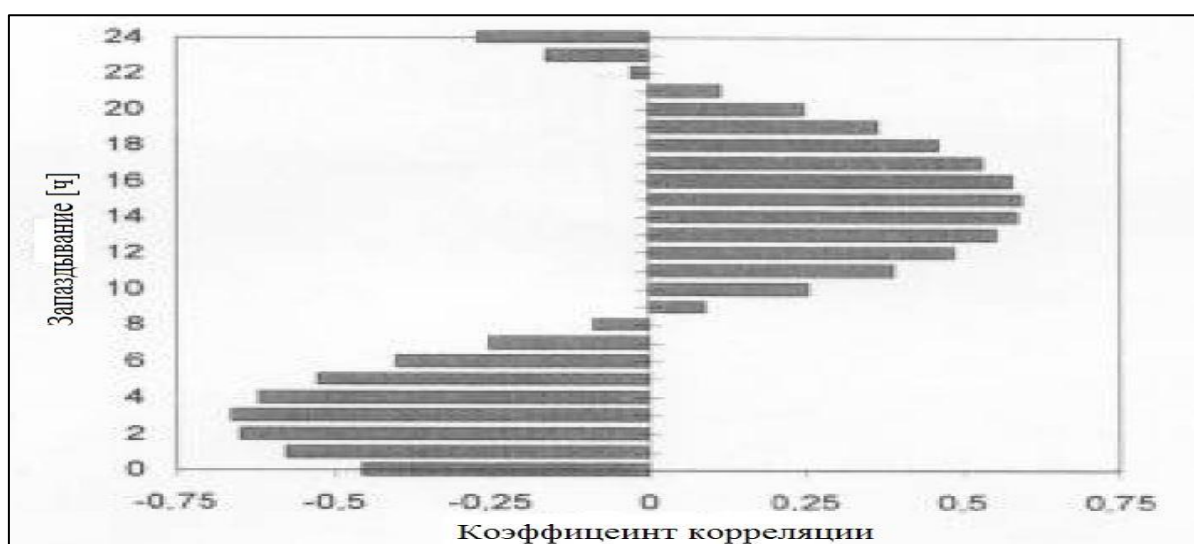


Рисунок 1.2.6 Диаграмма кросс-корреляции временных рядов скорости ветра и концентрации радона. Скорость ветра была выбрана в качестве независимого параметра

1.3 Выводы по разделу

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

- объемная активность почвенного радона коррелирует с увеличением глубины почвы.
- заметные суточные вариации почвенного радона наблюдались на границе раздела грунт/атмосфера и в самом верхнем слое почвы.
- суточные вариации почвенного радона, наблюдаемые на малых глубинах, плотно коррелирует с градиентом температуры в поверхностном слое почвы, что приводит к увеличению вклада диффузионных и конвективных миграционных процессов в общий перенос радона.
- объемная активность почвенного радона увеличивается в ночное время и уменьшается в вечернее время.
- объемная активность почвенного радона, измеренная на границе раздела грунт/атмосфера, также показывает типичные суточные изменения, которые помимо диффузионных и конвективных процессов переноса, модулируются суточный ход скорости ветра.
- за полдень, оба высокая скорость ветра и модулируемый выдох радона приводят к значительному уменьшению концентрации радона на границе раздела грунт/атмосфера и непосредственно над землей.

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Схема мониторинга подпочвенного радона

После десятилетий систематических и многочисленных исследований, проведенных в разных странах мира, был сделан вывод о том, что радон и его потомство являются основной причиной рака легких. Хорошо известно, что более 50% эффективной годовой дозы облучения [12], связано с радоном и его ДПР (дочерные продукты распада).

Концентрация радона в почве и его перенос на поверхность зависит от различных физических, геологических и окружающих параметров, таких как пористость почвы, проницаемость, влажность почвы, атмосферное давление и температура.

В связи с этим, было разработано множество методов измерения объемной активности радона в почвенном воздухе, разделяющихся: 1) непосредственно по радону; 2) по смеси изотопов радона и аэрозольных дочерних продуктов их распад; 3) только по дочерним продуктам распада. Различаются методы измерения и по виду регистрируемого ионизирующего излучения – α , β или γ .

Однако все методы измерения радона не равны. Перед последовательными измерениями необходимо преодолеть две критические проблемы. Поток почвенного газа в атмосферу может меняться более чем на порядок в течение года и в три раза и более в течение одного дня.

Измерения, сделанные утром, могут сильно отличаться от измерений, сделанных днем в том же месте [13]. Наихудшее время для измерения радона почвы - в дневное время. Любая система, которая полагается на мгновенное или краткосрочное измерение, страдает от несогласованных измерений

намного больше, чем методы, которые интегрируют концентрацию радона в почве в течение многих дней или недель.

В прошлом, большинство измерений проводились по методам интеграции на зонах с сильной сейсмической активностью. Эти измерения являются простыми в реализации, поскольку время интегрирования составляет порядка недель, месяцев, но они препятствуют наблюдению почасовой или даже суточные вариации активности радона.

В рамках цели исследования особенностей динамики радона в почвенном воздухе необходимо использовать метод, позволяющий проводить долгосрочные измерения. К сожалению, для данной цели используются дорогостоящие автоматизированные накопительные камеры в сочетании с одним из мгновенных методов. Для решения вышеуказанных задач требуется длительный непрерывный радиационный контроль в простой способ по низким ценам. По этим требованиям подходят блоки детектирования плотности потоков ИИ (ионизирующее излучение) и дозиметры в качестве приборов.

Примером такого типа мониторинга занимаются в странах мира, где Россия, Армения, Израиль, Турция, в целях прогноза землетрясений [14], производят по вторичным ионизирующим излучением с использованием блоков детектирования ИИ (ионизирующее излучение).

2.2 Используемая аппаратура

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 ИИ (ионизирующее излучение) на разных глубинах.

В свою очередь, как отмечено выше, такой 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.

Для мониторинга динамики почвенного радона 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							
Внешний вид	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 $\text{имп}\cdot\text{с}^{-1}/\text{част}\cdot\text{мин}^{-1}\cdot\text{см}^{-2}$	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	Ø80х196 мм, 0,5 кг
		±20%					IP64
Блоки детектирования бета-излучения							
Внешний вид	Детектор	Диапазон измерения плотности потока бета- частиц	Диапазон измерения поверхностно й активности ⁹⁰ Sr+ ⁹⁰ Y	Диапазон измерения флюенса бета- частиц	Диапазон энергии	Чувствительность к бета-излучению источника ⁹⁰ Sr+ ⁹⁰ Y имп·с ⁻¹ /част·мин ⁻¹ · см ⁻²	Габаритные размеры, масса
		Предел основной относительной погрешности измерений					Степень защиты
	Сцинтил. пластмас са 30см ²	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	Ø80х196 мм, 0,5 кг
		±20%					IP64

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.

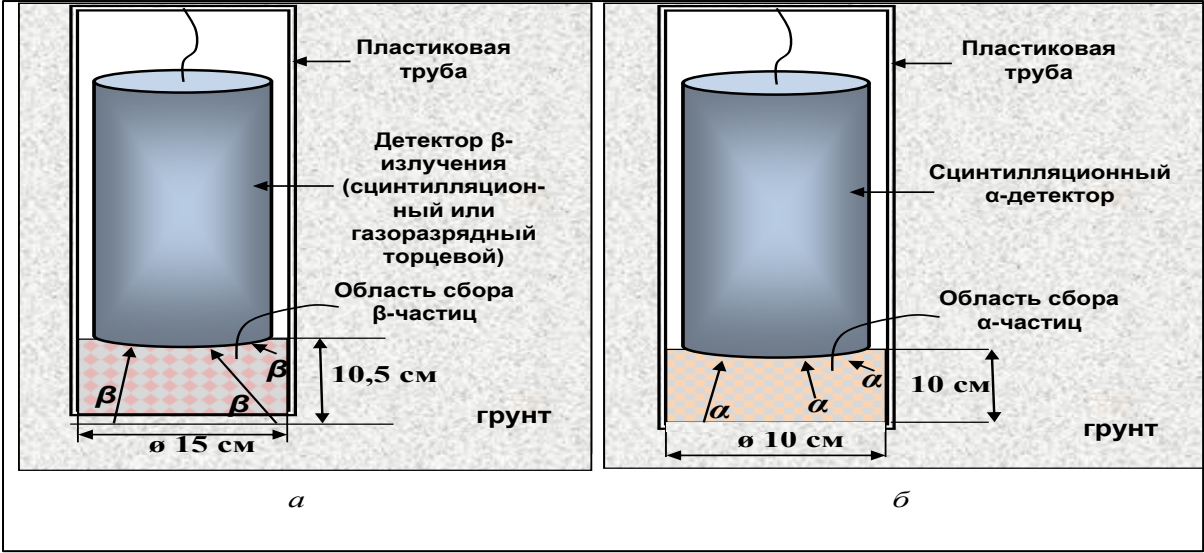


Рисунок 2.1 Область сбора: а) β -излучения ДПР изотопов радона и почвенных радионуклидов; б) α -излучения изотопов радона и их ДПР

Схема экспериментальной площадки и местоположения установки скважин для измерения радона, глубиной 0,5м и 1м, приведена на рисунке 2.2.

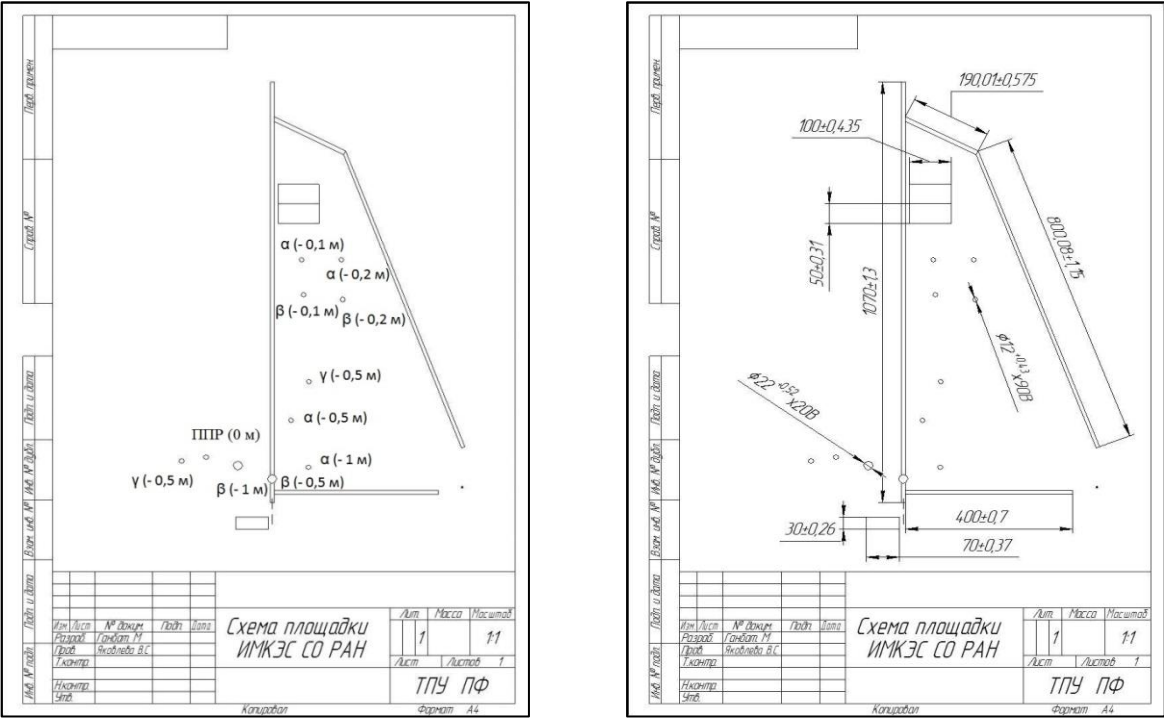


Рисунок 2.2 Схема расположения скважин

2.3 Калибровка детекторов для измерения почвенного радона

Калибровка детекторов ионизирующих излучений проводилась с помощью радиометра радона и торона RTM 2200 (фирма SARAD, Германия). Перевод скорости счета импульсов в величину объемной активности радона осуществляют посредством умножения на поправочный коэффициент, определяемый косвенным методом сравнения результатов с радиометром.

В результате калибровки получили поправочные коэффициенты на разных глубинах для α , β -детекторов, приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 Поправочные коэффициенты на разных глубинах для α , β -детекторов

Поправочные коэффициенты	Объемная активность радона, [Бк/м ³]			
	Глубина 0.1 м	Глубина 0.2 м	Глубина 0.5 м	Глубина 1 м
α-излучения	$N_{\alpha}(i) \cdot 850$	$N_{\alpha}(i) \cdot 1335$	$N_{\alpha}(i) \cdot 1080$	$N_{\alpha}(i) \cdot 1450$
β-излучения	$(N_{\beta}(i) - 2,5) \cdot 138$	$(N_{\beta}(i) - 3,0) \cdot 140$	$(N_{\beta}(i) - 3,3) \cdot 320$	$(N_{\beta}(i) - 3,5) \cdot 540$

Мониторинг метеорологических параметров ведется параллельно на базе ИМКЭС СО РАН (Академгородок, г.Томск). Объемную активность радона в почве определяли из следующих выражений:

$$OA_{Rn}(i) = N_{\alpha}(i) \cdot K_{\alpha} \quad (\text{для } \alpha\text{-детекторов}) \quad (1)$$

$$OA_{Rn}(i) = (N_{\beta}(i) - N_{\beta s}) \cdot K_{\beta} \quad (\text{для } \beta\text{-детекторов}) \quad (2)$$

где $N_{\alpha}(i)$ и $N_{\beta}(i)$ – скорость подсчета импульсов α , β –детекторов; [имп/с]

K_{α} и K_{β} – поправочные коэффициенты для передачи единиц;

$N_{\beta s}$ – постоянная, обусловленная бета-излучающими радионуклидами почвы, которая может вычислена по следующему уравнению:

$$N_{\beta} = N_{\beta s} + N_{\beta Rn} \quad (3)$$

где $N_{\beta Rn}$ – переменная из-за бета-излучающих продуктов распада радона.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПОЧВЕННОГО РАДОНА

Метод исследования почвенного радона по измерению характеристик полей ионизирующих излучений является наиболее распространенным в целях землетрясения, также в научных целях при изучении вопросов газообмена между литосферой и атмосферой. Исследование динамики почвенного радона реализуется с конца 2008 года вместе с разработкой радиационных и метеорологических величин в Томской обсерватории радиоактивности и ионизирующих излучений (ТОРИИ).

Измерения настоящего исследования основаны на методе прямой регистрации α , β - излучения в отдельных скважинах, глубиной 0.5 и 1 м на экспериментальной площадке.

Анализ обработанных результатов показал что, суточные вариации объемной активности радона наблюдались ежегодно в летний период на разных глубинах. Действительно, основными факторами влияющими на динамику объемной активности радона в летний период являются атмосферная температура и осадки.

3.1 Исследование суточных вариаций ОА радона в грунте

3.1.1 Влияющие факторы

Результаты экспериментальных данных радиационного мониторинга за 2010-2013 гг. представлены далее на рисунках. На рисунке 3.1 изображены хорошие суточные вариации объемной активности почвенного радона по альфа-излучению на глубинах 0,5 м и 1 м в течение недели с 3 по 10 июня 2011.

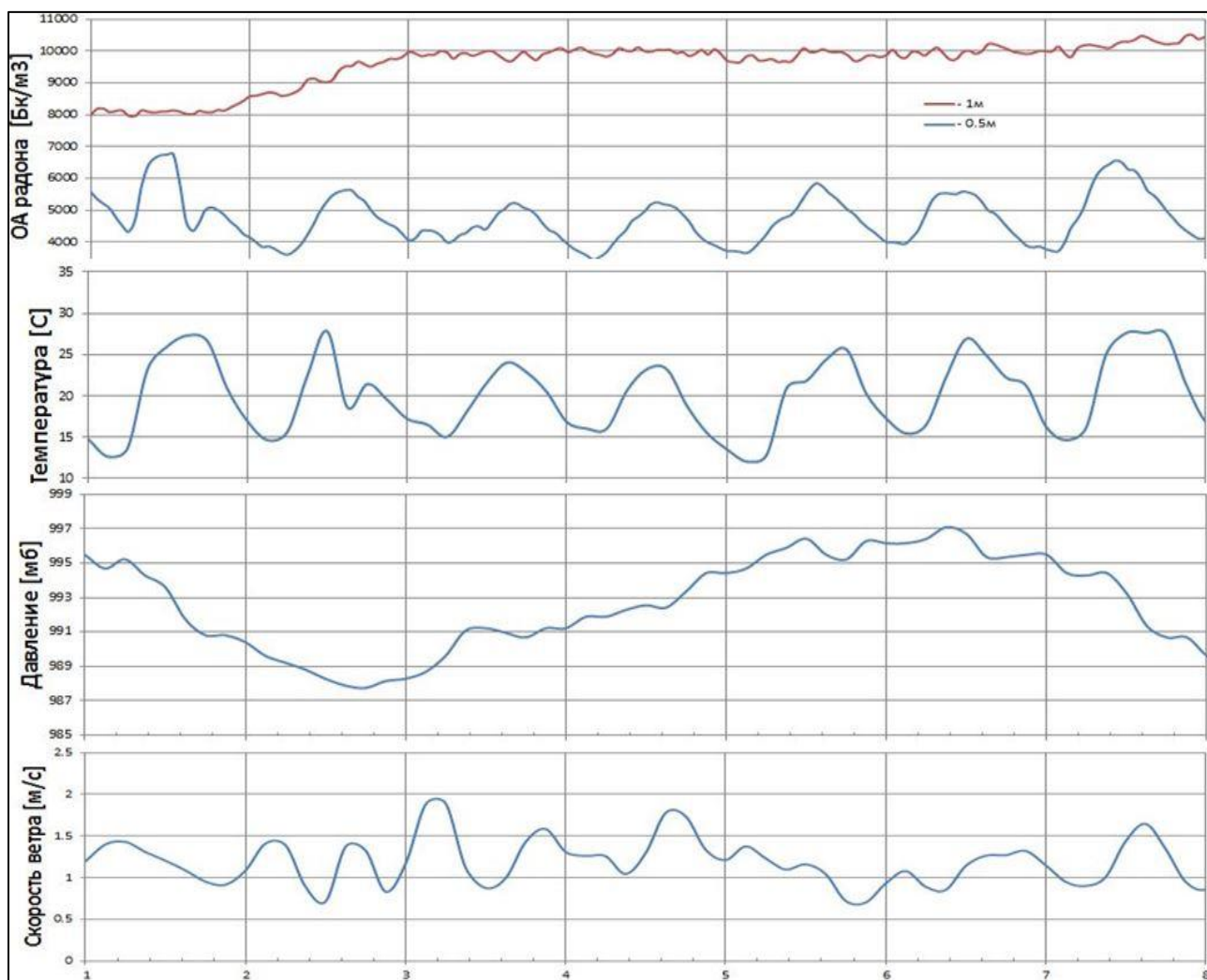


Рисунок 3.1 Почасовое изменение ОА радона в почвенном воздухе и метеорологических параметров

В данный представленный период наблюдалась четкая корреляция между ОА радона и атмосферной температуры на полметре. Из картинки видно что, изменения атмосферного давления и скорости ветра не отражают суточных вариаций объемной активности радона в почвенном воздухе. Суточные вариации радона в почве на глубине 0,5 м, наблюдаются в теплый период года в сухую погоду, и хорошо коррелируют с изменениями температуры воздуха. На одном метре суточные вариации радона проявляются только периоды с сильными изменениями вертикального градиента температуры.

На рисунке 3.2 изображена корреляция между объемной активностью радона в грунте и температурой воздуха.

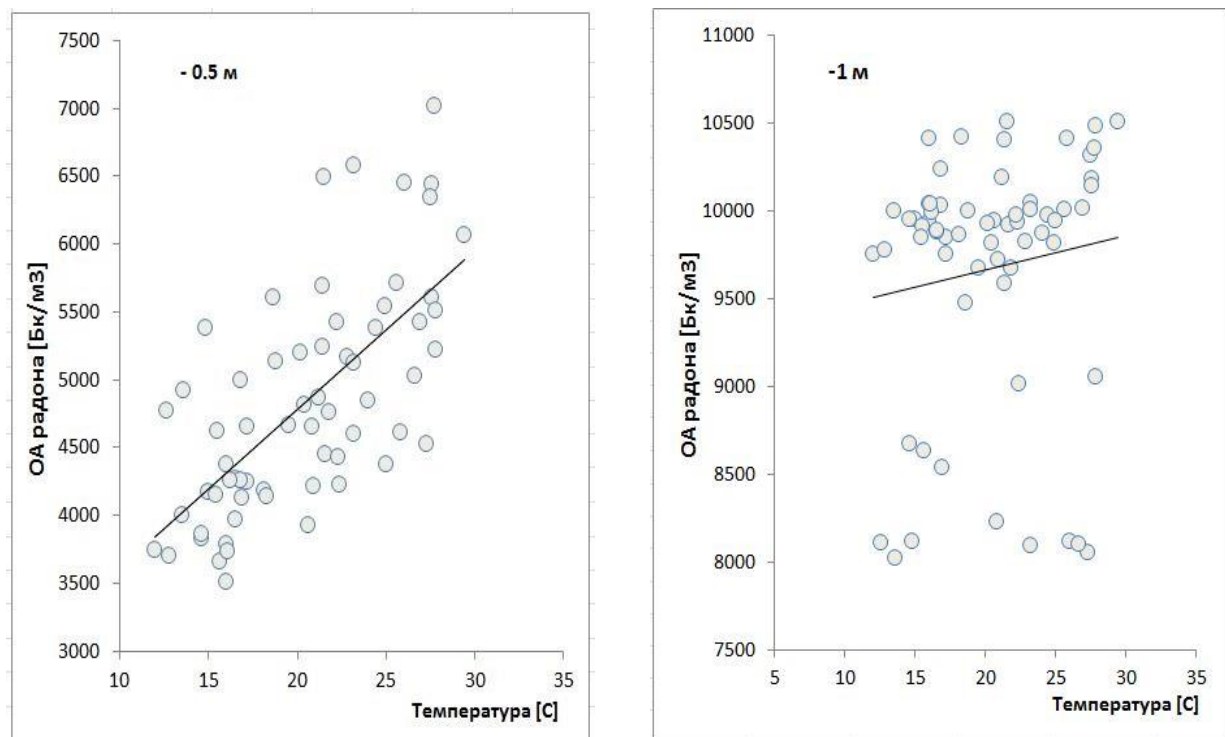


Рисунок 3.2 Корреляция между объемной активностью радона в грунте и температурой воздуха

Результаты регрессионного анализа подтверждают корреляцию ОА почвенного радона и атмосферной температуры. В представленный период получили коэффициенты корреляции 0,67 и 0,13 на глубинах 0,5м и 1м, соответственно.

Рассмотрим те же хорошие результаты суточных вариаций ОА почвенного радона в июле по разным годам. Данные на разных глубинах позволяют провести сравнение амплитуд суточных вариаций ОА радона. Амплитуда колебаний объемной активности почвенного радона на глубине 0,5 м заметно больше, чем на глубине 1 м. Это связано с особенностями динамики конвективных потоков в почве (согласно 2-му закону Фурье).

На рисунках 3.3-3.4 изображены суточные вариации объемной активности почвенного радона по альфа-излучению на глубинах 0,5м и 1м в июле по разным годам.

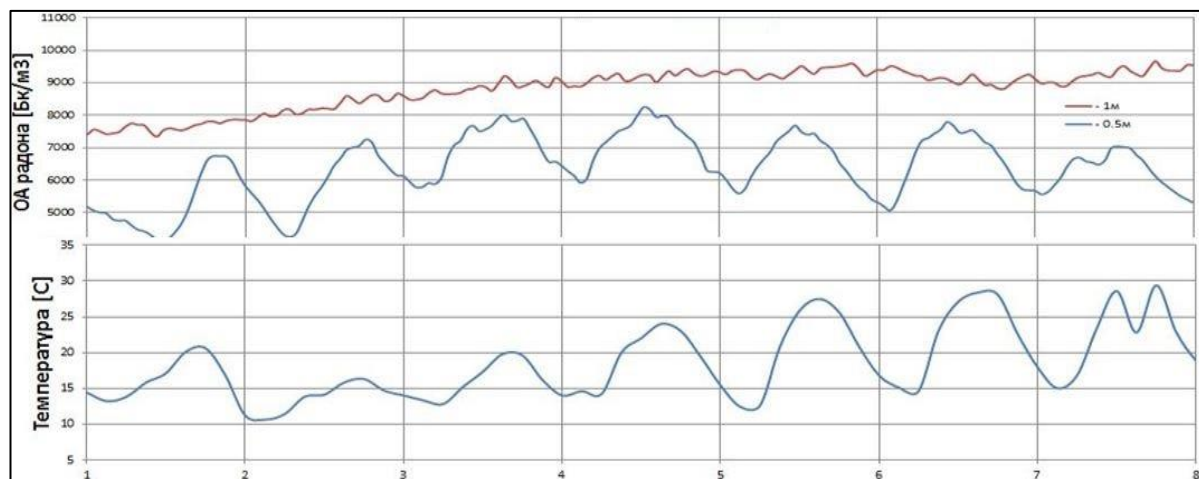


Рисунок 3.3 Суточные вариации ОА радона в почве на глубинах 0,5 м 1м
(24 июня – 2 июля, 2011 г)

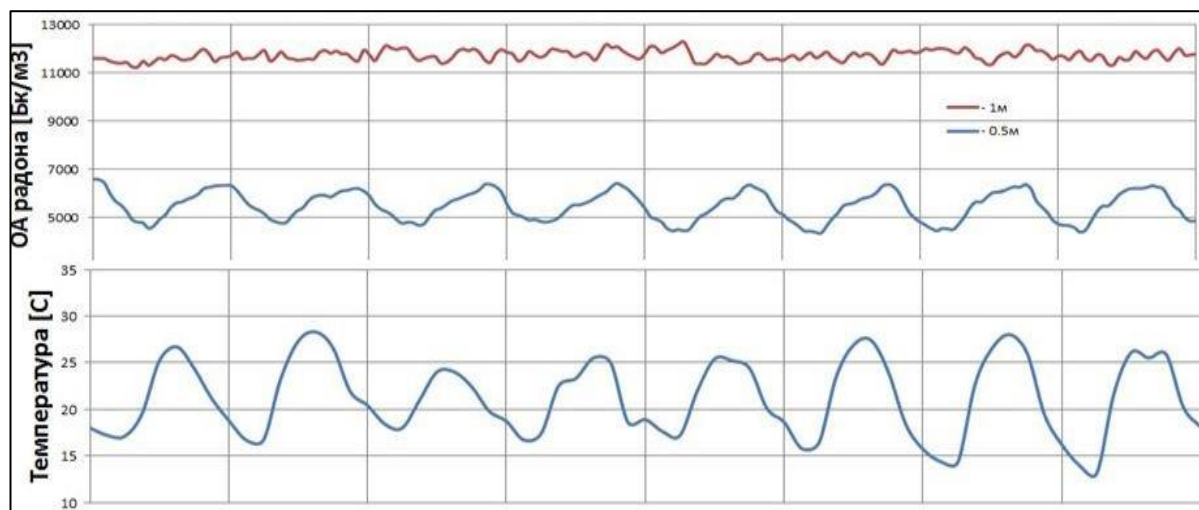


Рисунок 3.4 Суточные вариации ОА радона в почве на глубинах 0,5 м 1м
(21 – 29 июля, 2013 г)

Следует отметить, что суточные вариации объемной активности радона по альфа-излучению на полметре наблюдаются в представленных периодах с хорошей погодой в отсутствие осадков. Изменение атмосферного давления не влияют на динамику объемной активности почвенного радона.

Коэффициенты корреляции в представленных периодах на глубине 0,5 м, составили 0,6 (24 июня – 2 июля) и 0,74 (21 – 29 июля). Графики регрессионного анализа представленных периодов изображены на рисунке 3.5.

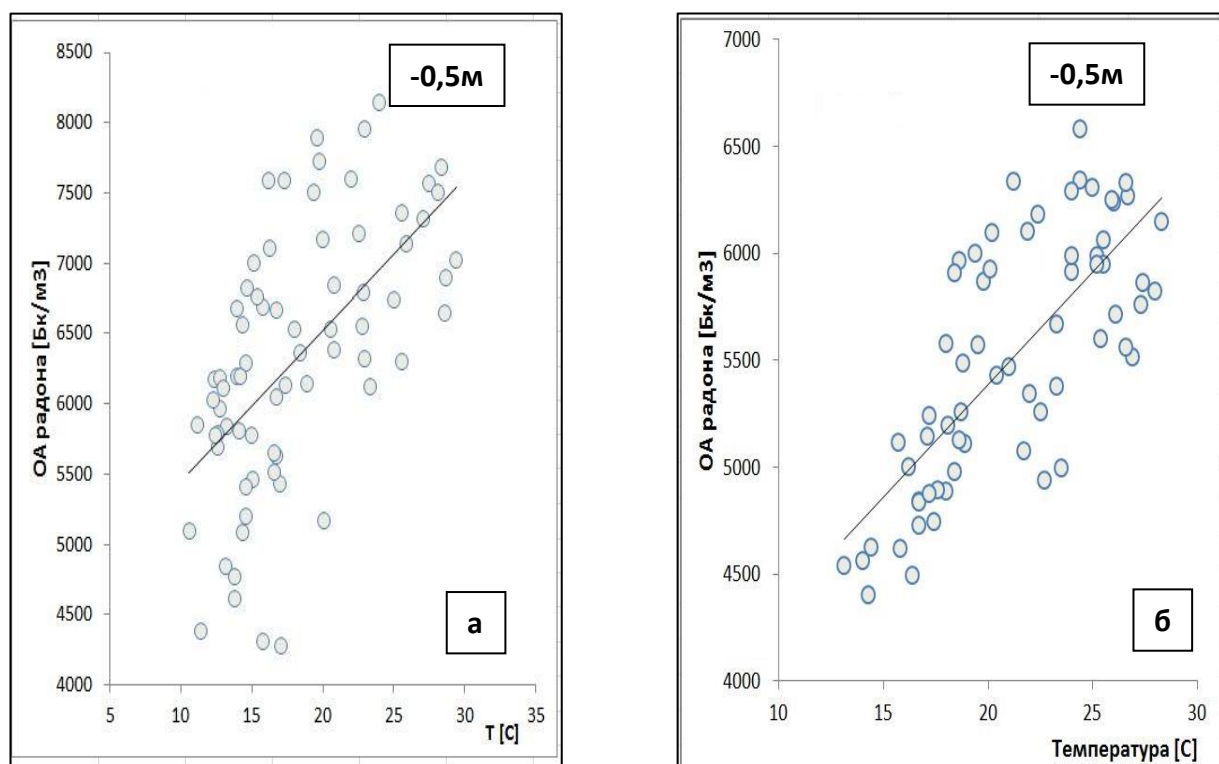


Рисунок 3.5 Корреляция между объемной активностью радона в почве и температурой воздуха а.) 24 июня-2 июля б.) 21-29 июля

Также в ходе анализа экспериментальных данных выявлено, что одним из наиболее влияющих факторов в суточные вариации объемной активности радона в почве является осадков. Осадки низкосредние интенсивности (не более 30мм) могут влиять в суточные вариации ОА радона в почве.

На рисунке 3.6 изображены хорошие суточные вариации объемной активности почвенного радона в летний период при отсутствии осадков.

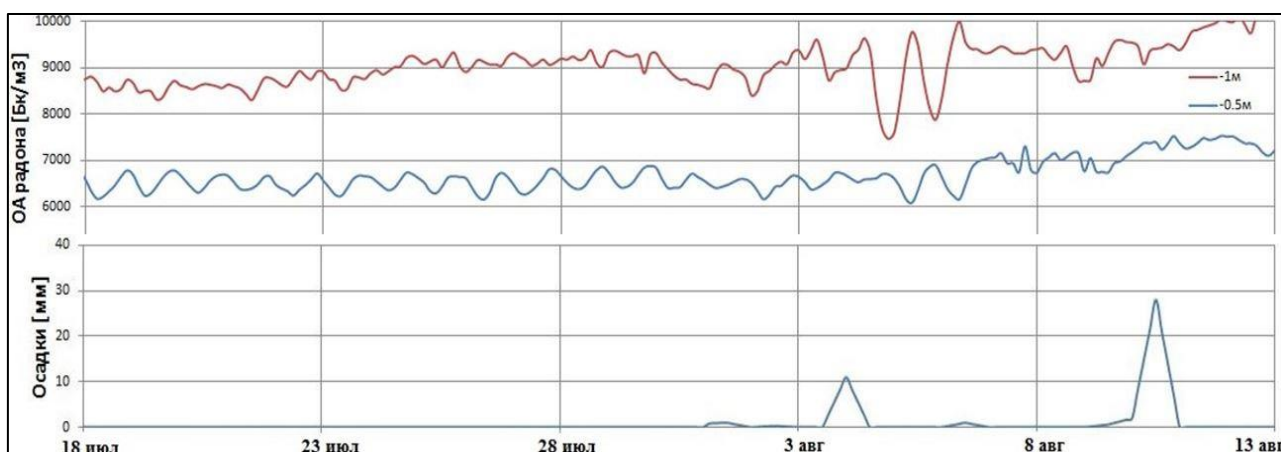


Рисунок 3.6 Осадки низкосредние интенсивности (лето 2012)

Суточные вариации объемной активности почвенного радона в дождливые дни выражен уже не так явно, либо вообще отсутствует. Это связано с конвективной составляющей потока радона. На рисунке 3.7 изображены такие же хорошие суточные вариации в летний период 2013 г.

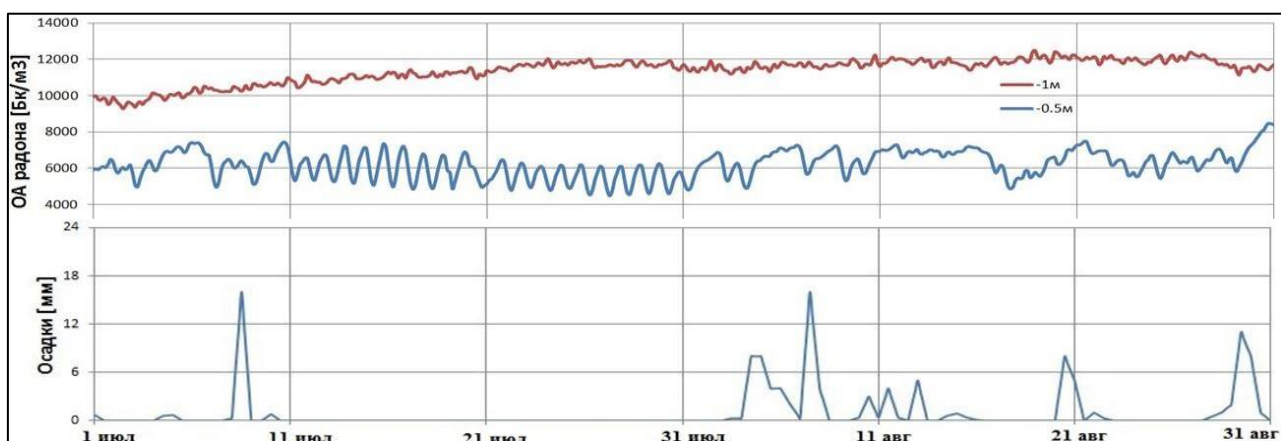


Рисунок 3.7 Осадки низкосредние интенсивности (лето 2013)

Во время дождей средней и низкой интенсивности градиент температуры в поверхностном слое грунта существенно снижается, тем самым уменьшая поток радона из грунта в атмосферу.

Следует отметить, что при выполнении анализа возможных влияющих факторов на динамику объемной активности почвенного радона, выявлено что атмосферная температура и осадки отражают суточный ход объемной активности радона в почве. Однако литературные данные говорят о том, что

резкие изменения атмосферного давления, снежный покров и скорости ветра могут существенно повлиять на суточный ход объемной активности радона в почве. Но результаты нашего исследования показали, что не наблюдались никаких особенных влияний между объемной активностью почвенного радона и метеопараметрами, которые были отмечены выше. Это скорее всего, обусловлено климатическими и почвенными условиями.

3.1.2 Выявленные закономерности в суточной динамике

Анализ радиационного мониторинга проведенный на экспериментальной площадке ТОРИИ показал, что суточные вариации ОА радона в почве хорошо коррелируют с изменениями атмосферной температуры в летнее время. На рисунке 3.8 изображено почасовое изменение объемной активности радона по альфа-излучению на глубинах 0,5м и 1м.

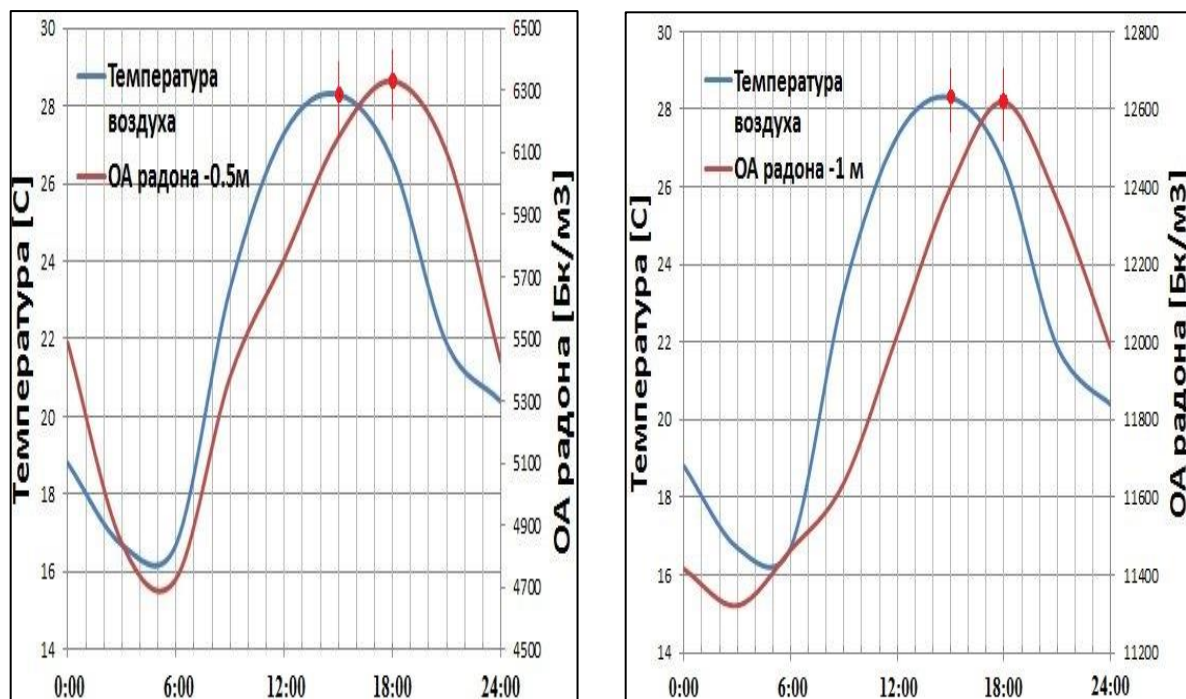


Рисунок 3.8 Почасовое изменение ОА радона по α на глубинах 0,5м и 1м
(22 июля 2013)

Максимальное значение объемной активности почвенного радона наблюдается на дневное время, а минимум приходится на раннем утреннем время. Это поведение противоречит с результатами работы [11].

Сдвиг максимумов в ОА (объемная активность) радона по альфа-излучению относительно температуры воздуха, наблюдаемый в этот период выявлено что радон наступает практически на 3 часа позже на глубинах 0,5 м и 1 м.

Теперь рассмотрим те же результаты почасового изменения ОА радона по бета-излучению. Результаты представлены на рисунке 3.9.

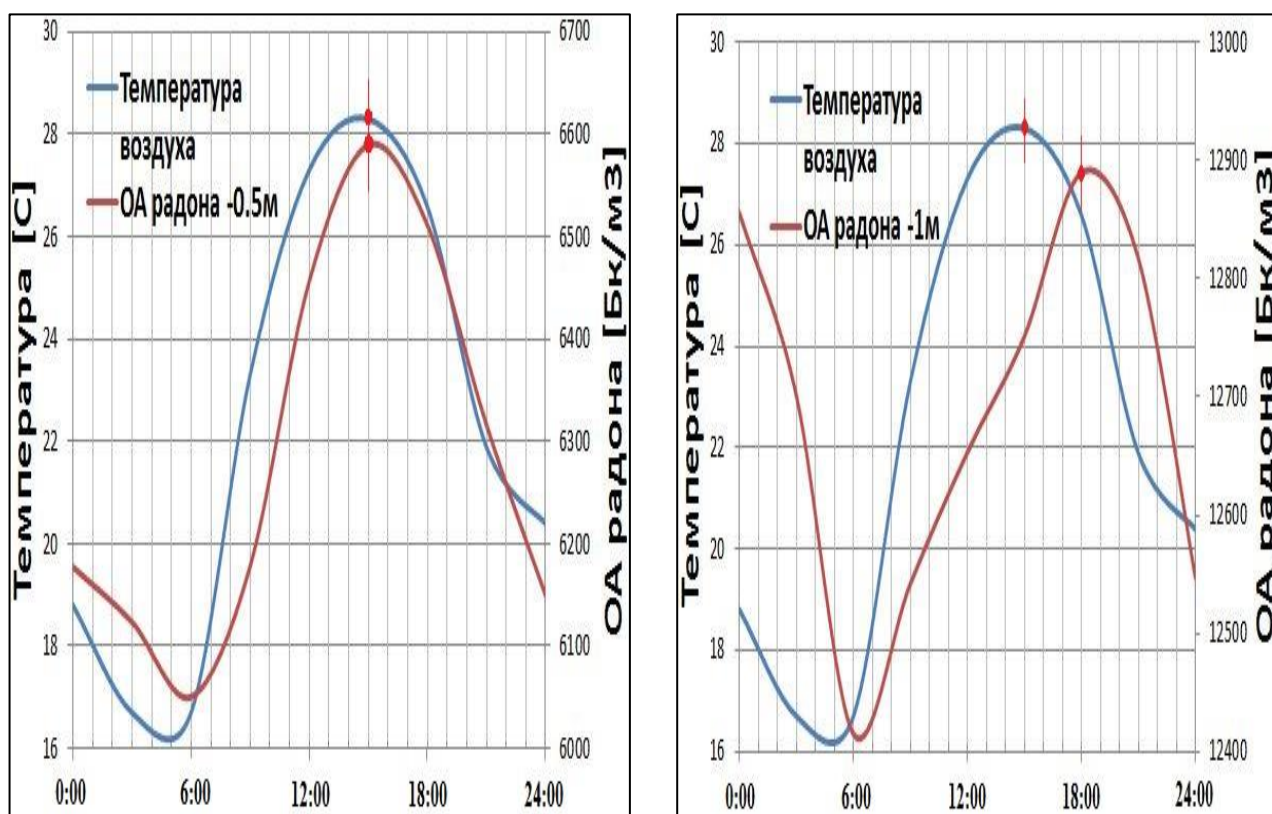


Рисунок 3.9 Почасовое изменение ОА радона по β на глубинах 0,5м и 1м (22 июля 2013)

Для бета чаще всего наблюдается другая ситуация. Выявлено что, наступления максимума на глубине 0,5м происходит практически без задержки, а наоборот для одного метра наступает на 3 часа.

Это позволяет сказать, что модель диффузионно-адвективного переноса радона в грунте требует улучшения в части скорости адвекции, которую нельзя представлять постоянным коэффициентом. Скорость адвекции должен быть описан как функция глубины почвы и время. Это представление скорости адвекции позволит описывать влияние температуры и теплопроводности почвы на концентрацию радона в суточном и годовом ходе [16]. Однако, для численного моделирования структуры и вариации переноса радона в грунте, нужно знать и контролировать метеорологические величины (давления, температуры, скорость ветра, характеристики турбулентности атмосферы и осадков и т. д.).

Сдвиг максимумов в объемной активности почвенного радона по α , β -излучению относительно глубин почвы для данного периода, представленный на рисунке 3.10.

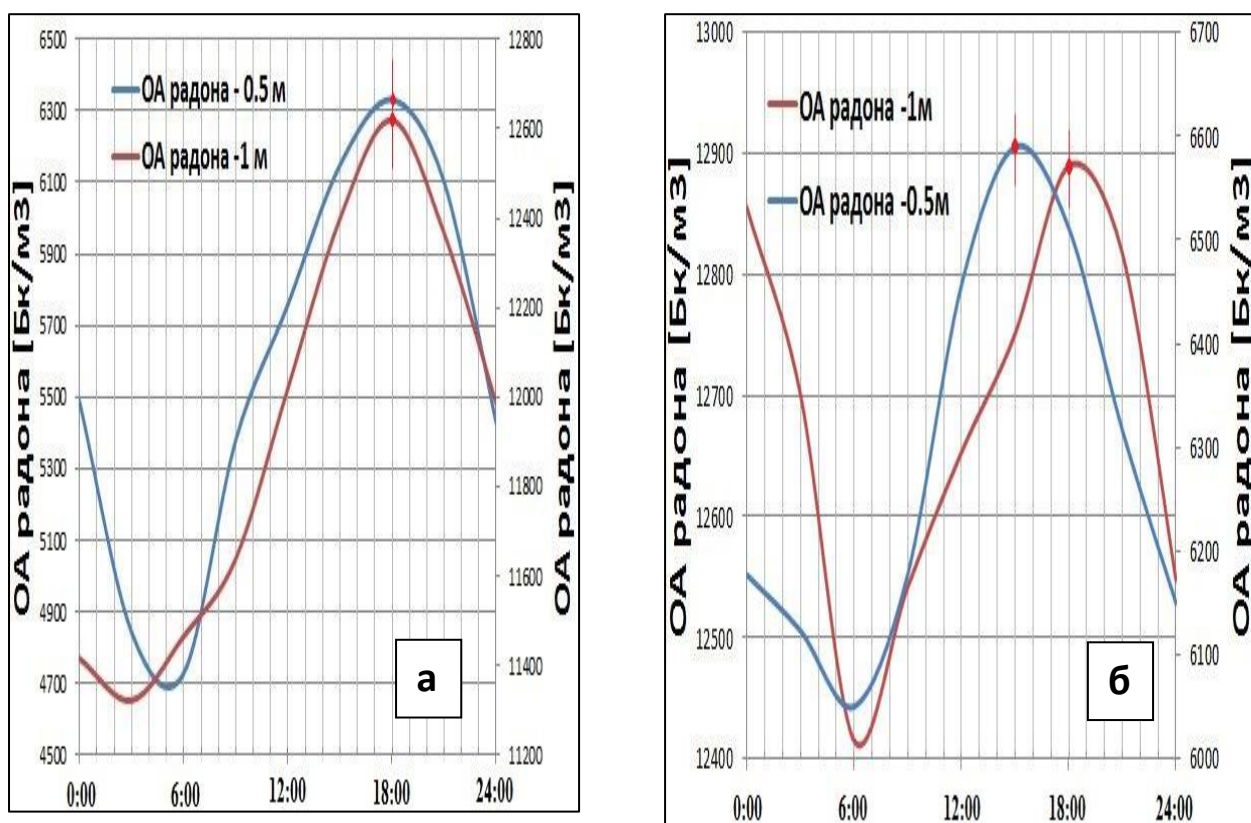


Рисунок 3.10 Почасовое изменение ОА радона относительно глубин почвы а.) по α б.) по β (22 июля 2013)

На рисунке 3.11 изображены хорошие суточные вариации объемной активности радона по альфа-излучению в осенне время.

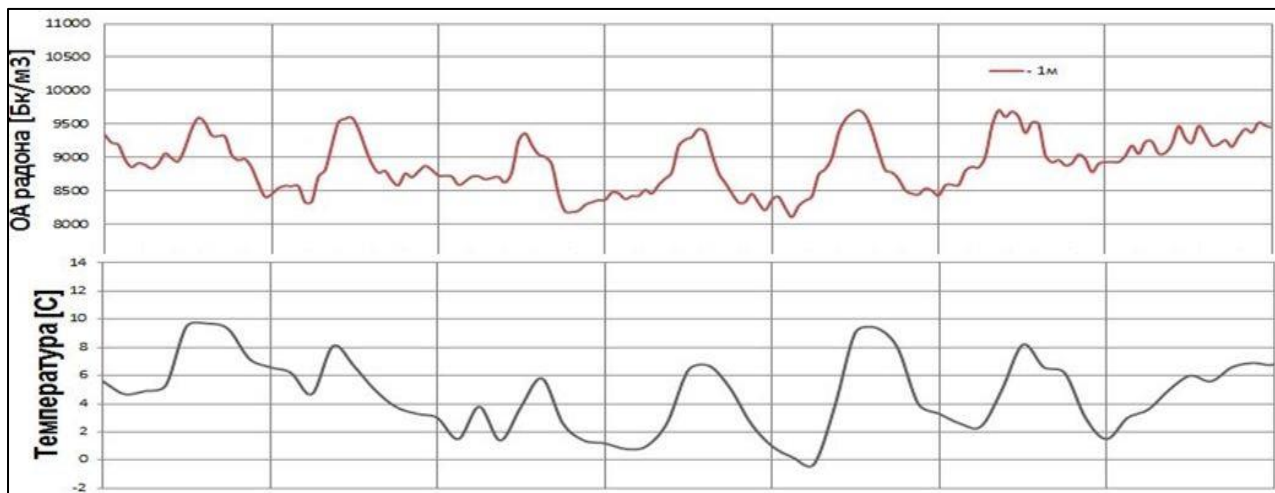


Рисунок 3.11 Суточные вариации ОА радона в осенне время на глубине 1м по α (10-17 сентября 2010)

Те периоды в которые наблюдается четко выраженный суточный ход в осенне время. В целом осенью амплитуда вариаций объемной активности почвенного радона заметно больше, чем летом. Это скорее всего, обусловлено климатическими и почвенными условиями. Суточные вариации объемной активности радона в почвенном воздухе также хорошо коррелируют с изменением атмосферной температуры в осенне время. На рисунке 3.12 изображены такие же хорошие результаты в осенне время.

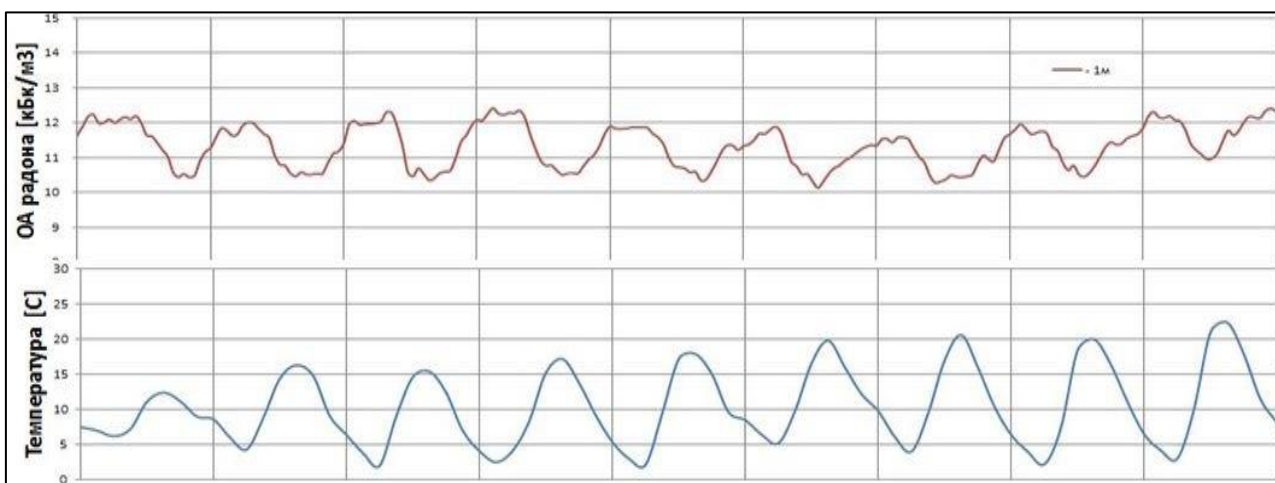


Рисунок 3.12 Суточные вариации ОА радона в осенне время на глубине 1м по α (11-20 сентября 2011)

Графики регрессионного анализа представленных периодов изображены на рисунке 3.13.

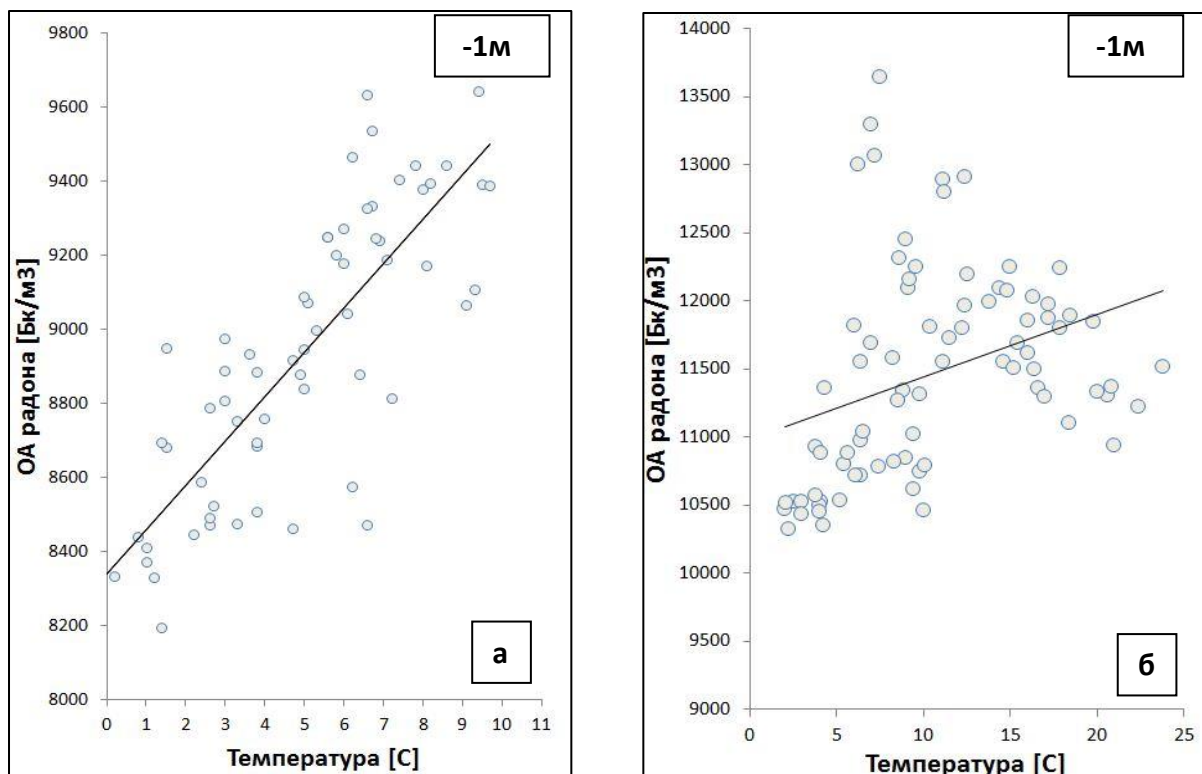


Рисунок 3.13 Корреляция между объемной активностью радона в почве и температурой воздуха а.) 10-17 сентября 2010 б.) 11-20 сентября 2011

Результаты регрессионного анализа подтверждают корреляцию объемной активности почвенного радона и атмосферной температуры. В представленных периодах получили коэффициенты корреляции на глубине 1м составил 0,81 (10-17 сентября 2010) и 0,34 (11-20 сентября 2011).

В результате анализа экспериментальных данных, получены таблицы периодов хороших суточных вариаций объемной активности радона в почвенном воздухе по α , β -излучению на глубинах 0,5м и 1м за годы. Приведены компилированные таблицы периодов хороших суточных вариаций объемной активности почвенного радона на глубинах 0,5 и 1м в следующем.

Таблица 3.1 Периоды хороших суточных вариации ОА радона по α

Альфа -0,5м	2010	2011	2012	2013
Альфа -1м				
Весна	X	X	X	X
Лето	X /данных нет/	3.06-10.06 24.06-2.07	18.07-28.07	12.07-19.07 21.07-29.07
Осень	10.09-17.09	11.09-20.09	X	X

Таблица 3.2 Периоды хороших суточных вариации ОА радона по β

Бета -0,5м	2010	2011	2012	2013
Бета -1м				
Весна	X	X	X	X
Лето	X /данных нет/	3.06-10.06	19.07-27.07	11.07-18.07
		11.06-21.06		19.07-29.07
		24.06-2.07	19.07-27.07	11.07-1.08
		14.08-22.08		
Осень	X	2.09-9.09	X	X
		12.09-20.09		
		26.09-3.10		

3.2 Исследование сезонных вариаций ОА радона в грунте

3.2.1 Влияющие факторы

Выявлена закономерность в сезонной динамике радона: аномальное увеличение до 3-х раза при таянии снега. На рисунке 3.14 изображены сезонные вариации объемной активности почвенного радона на глубинах 0,5м и 1м.



Рисунок 3.14 ОА радона в почве при таянии снега за 2011-2013 гг.

При таянии снега обнаружено резкое возрастание уровня объемной активности почвенного радона. Эти изменения внесли существенный вклад в относительно высокий коэффициент вариаций в весенний период.

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 (рисунок 3.15). Из-за этого, почвенный радон не может легко перейти в атмосферу и увеличивает концентрацию на глубинах.

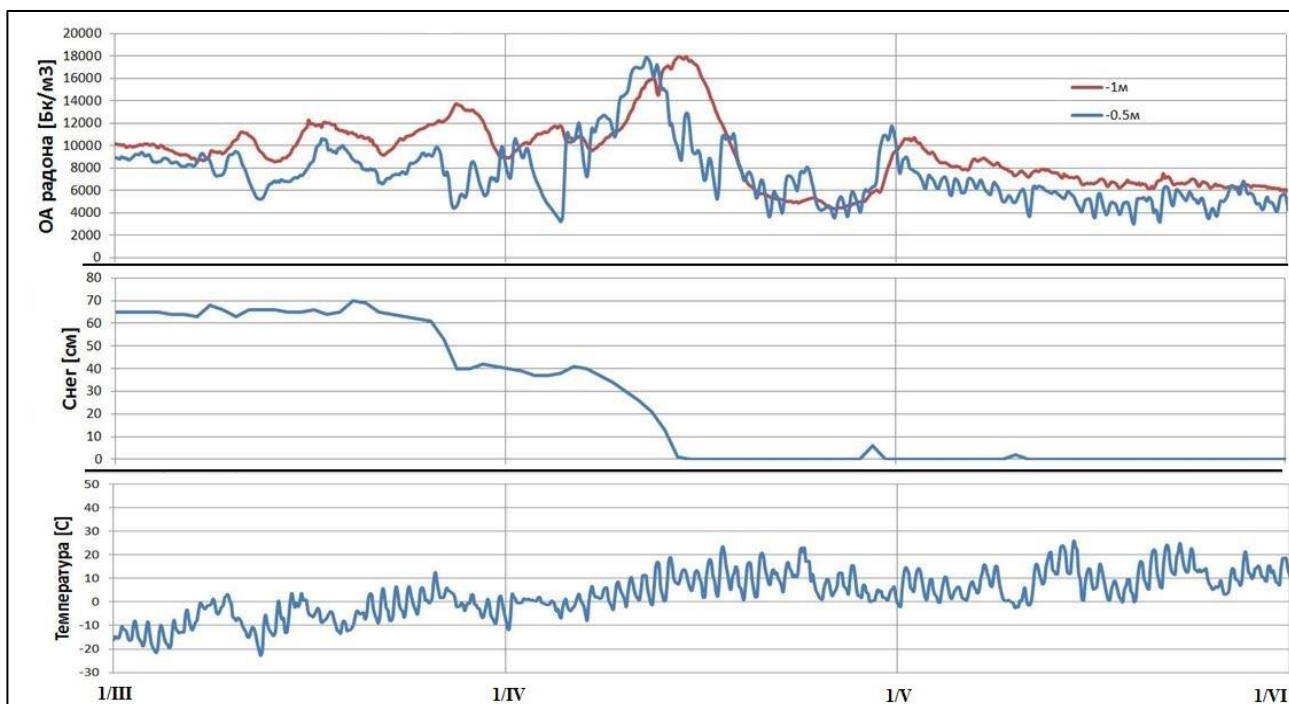


Рисунок 3.15 ОА радона в почве при таянии снега в 2011 г

На рисунке 3.16 изображены осадки высоко интенсивности (более 40мм) которые приводят к аномальному росту объемной активности в 2-3 раза на глубинах 0,5м и 1м.

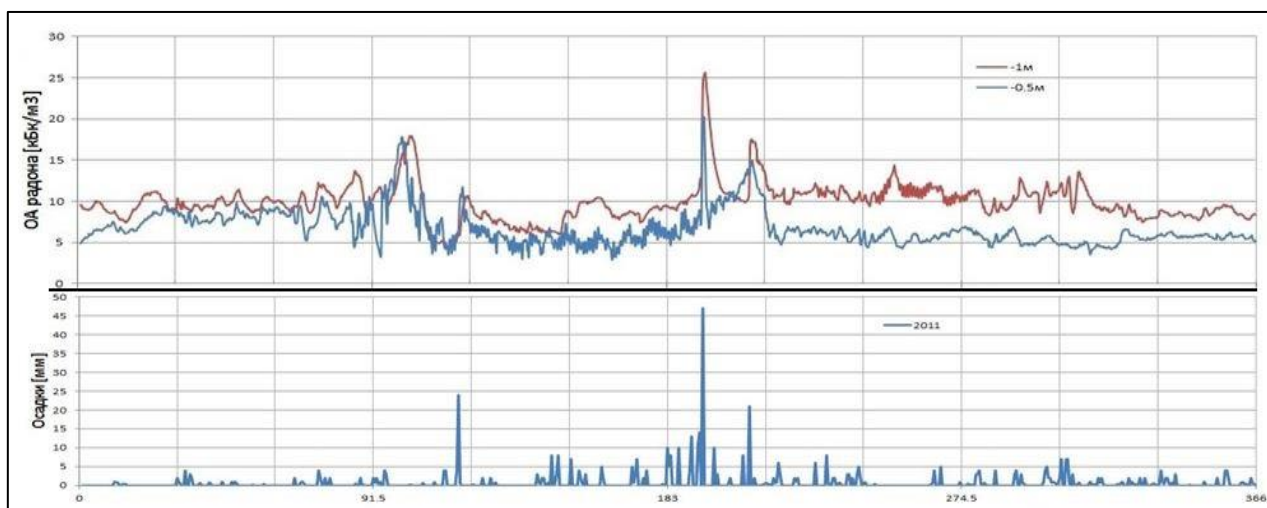


Рисунок 3.16 Осадки высоко интенсивности (лето 2011)

Такое поведение почвенного радона можно объяснить тем, что проливной дождь быстро заполняет поры грунта, так что газообмен между почвенным и атмосферным воздухом снижается, а радон из пор более верхних слоев грунта вытесняется в более нижние слои.

3.2.1 Выявленные закономерности в сезонной динамике

На рисунке 3.17 изображены сезонные вариации объемной активности почвенного радона по альфа-излучению на глубинах 0,5м и 1м в зависимости осадков.

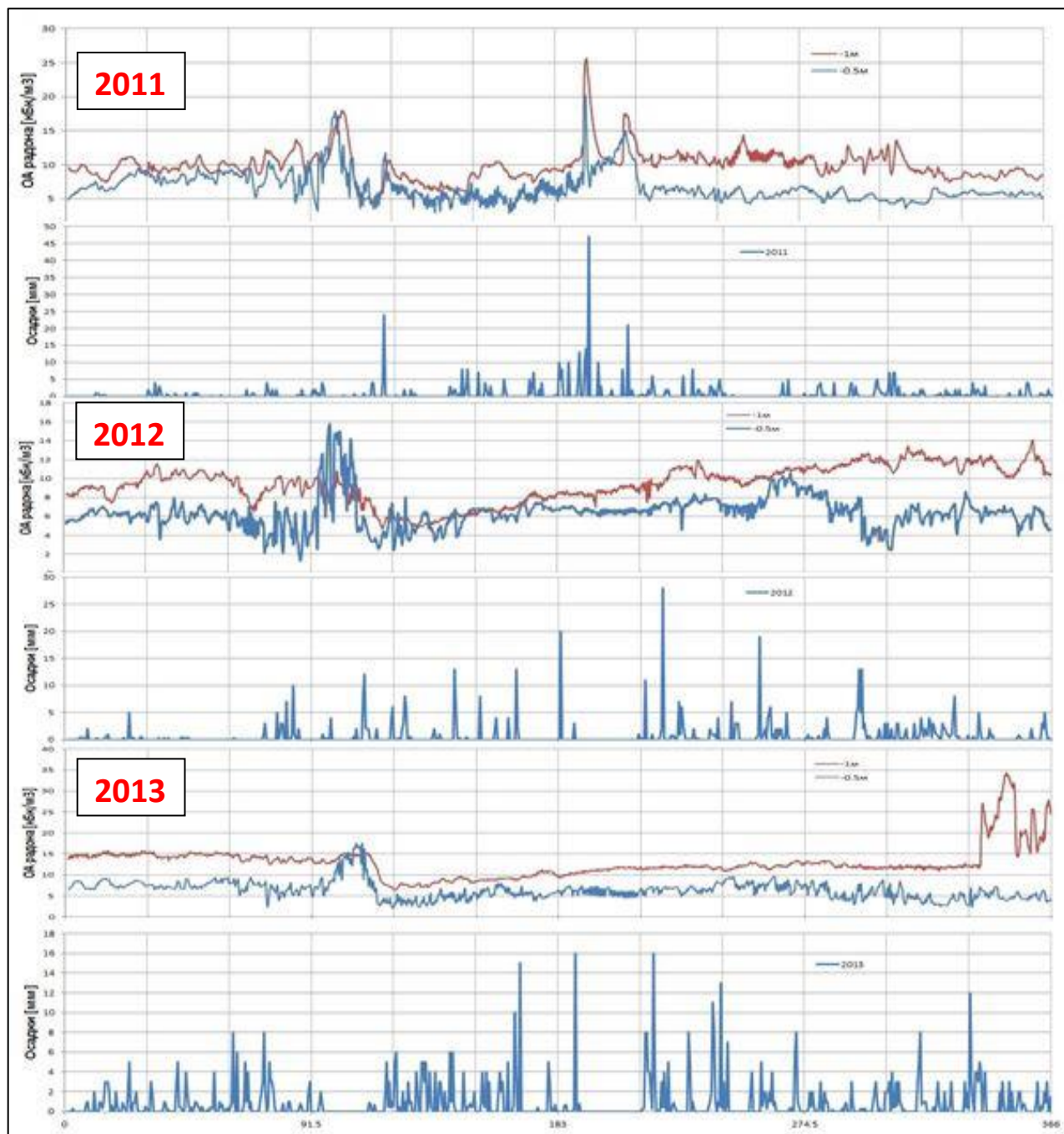


Рисунок 3.17 ОА радона в зависимости от осадков за 2011-2013 гг

Особенностью сезонной динамики почвенного радона проявляющийся в каждый год является аномальный рост объемной активности радона в период таянии снега. Выявлена закономерность в сезонной динамике: максимальное значение объемной активности радона наблюдается зимой, а минимальное летом.

3.3 Выводы по разделу

В результате анализа многочисленных экспериментальных данных показали, что объемная активность радона в почвенном воздухе возрастает с глубиной почвы. Это согласуется с результатами работ других авторов [10, 17, 18]. Такая картина характерна для всего представленного периода мониторинга с 2011 до 2017 года.

Суточные вариации радона в почве на глубине 0,5 м, наблюдаются в теплый период года в сухую погоду, и хорошо коррелируют с изменениями температуры воздуха.

Максимальное значение суточных вариаций объемной активности радона наблюдается в дневное время (18:00), а минимум наблюдается ранним утром (05:00). Сдвиг максимумов в ОА радона относительно температуры воздуха наступает приблизительно на 3 ч позже или без задержки на глубинах 0,5м и 1м в зависимости от того, каким детектором измеряли радон (α или β -детектором).

Выявлена закономерность в сезонной динамике: максимальное значение объемной активности радона наблюдается зимой, а минимальное летом, но противоречит с результатами [10].

Это связано с тем что, повышенное содержание влаги в почве в зимний период вызывает более высокую эманацию радона [17], это приводит к более высоким концентрациям радона в почвенном воздухе.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Предпроектный анализ

Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы, будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования;

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

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

Данный анализ проведен с помощью оценочной карты (таблица 4.1). Для этого отобрано две конкурентные разработки. Первый конкурент – 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 конкурент – методика проведения радиационного контроля оператором. Данная методика не позволяет наблюдать засуточной динамикой радиационного фона.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 4.1, подбирали исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Таблица 4.1– Оценочная карта для сравнения конкурентных разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\text{ф}}$	$B_{\text{к1}}$	$B_{\text{к2}}$	$K_{\text{ф}}$	$K_{\text{к1}}$	$K_{\text{к2}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Время на работы данных	0,2	5	4	4	0,5	0,4	0,4

2. Помехоустойчивость	0,07	4	4	3	0,5	0,5	0,3
3.Безопасность	0,2	5	5	4	0,4	0,4	0,3
4.Потребность в ресурсах памяти	0,05	5	3	3	0,5	0,3	0,3
5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,06	5	4	4	0,35	0,3	0,3
6. Простота в эксплуатации	0,09	5	3	4	0,45	0,35	0,3
7.Наличие дорогостоящего оборудования	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4

Продолжение таблицы 4.1

Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность продукта	0,03	5	3	2	0,2	0,2	0,15
2.Цена	0,1	5	3	1	0,4	0,3	0,3
3.Финансирование научно разработки	0,05	3	4	2	0,3	0,3	0,4
4.Наличие сертификации разработки	0,05	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Итого	1				4,5	3.85	3.55

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K —конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i —вес показателя (в долях единицы);

B_i —балл i -го показателя;

В существующих государственных системах радиационного мониторинга непрерывно измеряется только один параметр—мощность дозы γ -излучения. Разработанная методика проста и экономична по сравнению с конкурентными методами измерения радиационных величин в атмосфере, так как позволяет измерять плотность потока β -излучения, объемную активность изотопов радона и дочерних продуктов их распада, а также плотность потока радона с поверхности грунта.

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–Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) –представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

SWOT-анализ заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. SWOT-анализ данного научно-исследовательского проекта представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2–Матрица SWOT

	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.	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
--	--	---

Возможности: В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2.Появление дополнительного спросанановый продукт. В3.Сотрудничество с рядом новых организаций. В4.Использование устаревших методов конкурентами. В5.Повышение стоимости конкурентных разработок.	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.	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.
---	--	---

Продолжение таблицы 4.2

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.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: 1.Осуществлениеремонтатекущейустановкибеззаменысоставляющихчастей. 2.Устойчивостькборьбесконкурентамизасчетновизныидеи.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»: 1.Невостребованность технологии за счет ее неустойчивой конкурентоспособности. 2.Стагнация исследований из-за отсутствия финансирования.
---	---	---

На основе результатов анализа данной матрицы можно сделать вывод о том, что трудности и проблемы, с которыми так или иначе может столкнуться данный исследовательский проект можно будет решить за счет имеющихся сильных сторон исследования.

4.2 Планирование управления научно-техническим проектом

4.2.1 Иерархическая структура работ проекта

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.

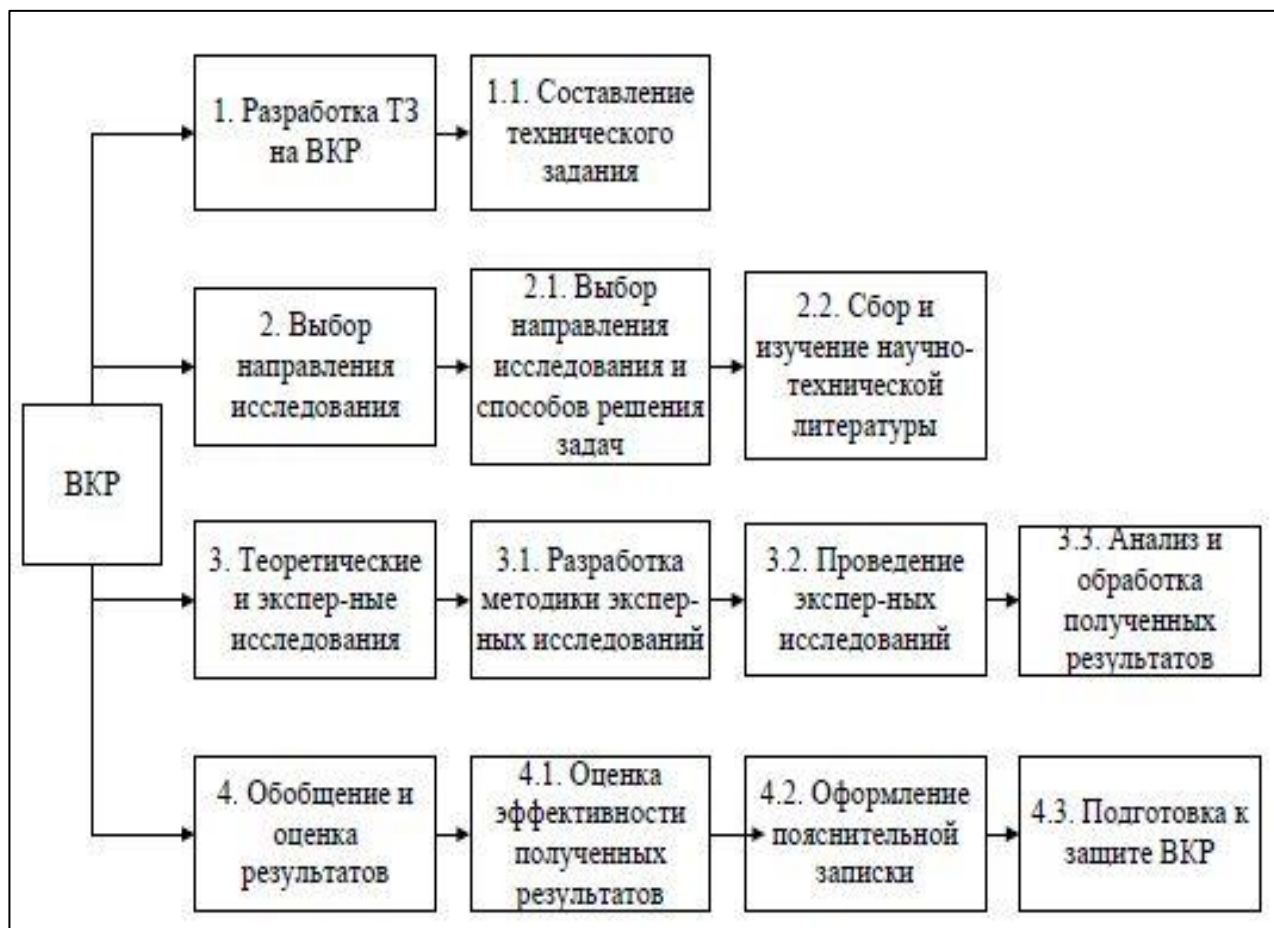


Рисунок 4.1 – Иерархическая структура работ

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 таблица 4.3.

Таблица 4.3 –Контрольные события проекта

№	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Разработка ТЗ на ВКР	08.02.2017	Приказ о ВКР
1.1	Составление и утверждение технического задания	12.02.2017	-
2.1	Выбор направления исследования и способов решения задач	17.02.2017	
2.2	Сбор и изучение научно-технической литературы	22.02.2017 – 28.03.2017	Список литературы
3.1	Разработка методики экспериментальных исследований	30.03.2017	Методика
3.2	Проведение экспериментальных исследований	15.04.2017	Отчет
3.3	Анализ и обработка полученных результатов	15.04.2017 – 01.05.2017	-
4.2	Оформление пояснительной записки и презентации	10.05.2017 – 27.05.2017	Пояснительная записка
4.3	Подготовка к защите ВКР	29.05.2017 – 10.06.2017	-

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	4	8.02.2017 - 12.02.2017	Руководитель
1.1	Составление и утверждение технического задания	5	12.02.2017 - 17.02.2017	Руководитель
2.1	Выбор направления исследования и способов решения задач	5	12.02.2017 - 22.02.2017	Руководитель Магистрант
2.2	Сбор и изучение научно- технической литературы	35	22.02.2017 - 28.03.2017	Магистрант
3.2	Проведение экспериментальных исследований	15	30.03.2017 - 14.04.2017	Руководитель Магистрант
3.3	Анализ и обработка полученных результатов	16	15.04.2017 - 01.05.2017	Руководитель Магистрант
4.1	Оценка эффективности полученных результатов	10	01.05.2017 - 10.05.2017	Руководитель Магистрант

Таблица 4.5 – Календарный план график в виде диаграммы Ганта

№ Работ	Вид работ	Исполнитель	T _{кп} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Разработка ТЗ на ВКР	Рук-ль	4														
1.1	Составление технического задания	Рук-ль	5														
2.1	Выбор направления исследования и способов решения задач	Рук-ль, магистрант	5		 												
2.2	Сбор и изучение литературы	магистрант	35														
3.1	Разработка методики экспериментальных исследований	Рук-ль, магистрант	15							 							
3.2	Проведение экспериментальных исследований	Рук-ль, магистрант	15							 							
3.3	Анализ и обработка полученных результатов	Рук-ль, магистрант	16														
4.2	Составление и оформление ПЗ.	магистрант	17														
4.3	Подготовка к защите.	Рук-ль, магистрант	13														



– Руководитель



– Магистрант

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:

1. Материалы.
2. Затраты на оплату труда работников, непосредственно участвующих в НИОКР.
3. Отчисления во вне бюджетные фонды.
4. Работы, выполняемые сторонними организациями.
5. Спецоборудование для научных и экспериментальных работ.
6. Прочие прямые расходы.
7. 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 НТИ, 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
Электроэнергия	-	210кВт·ч	5,8	1218
Бумага	SvetoCopy	100	0,38	38
Печать на листе А4	-	100	1,5	150
Ручка	CelloFiner	1	25	25
Доступ интернет	-	4 месяца	250	1000
Всего за материалы, руб				2431
Транспортно-заготовительные расходы, руб				0
Итого, руб				2431

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.

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{аморт}} = C_{\text{об}} / T, \quad (4.2)$$

где $C_{\text{об}}$ – стоимость оборудования, руб; T – срок службы, дней.

$$C_{\text{аморт}}=(110000/1825)=60,3\text{руб/дн.}$$

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

$$C_{\text{аморт}}(\text{общ})=60,3 \cdot 60 = \mathbf{3618 \text{руб.}}$$

В себе стоимость НТИ также была включена только стоимость электроэнергии, освещения и отопления помещения.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C = C_{\text{эл}} \cdot P \cdot F_{\text{об}} \quad (4.3)$$

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

P —мощность оборудования. кВт;

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

При выполнении работы использовался стационарный компьютер со средней мощностью 500Вт(0,5кВт). Если предположить, что вся работа выполнялась на нем то, всего было израсходовано:

$$E = P \cdot F_{\text{об}} = 0,5 \cdot 4 \cdot 105 = 210 \text{кВт} \cdot \text{ч},$$

(105 календарных дня, четырех часовой рабочий день).

Затраты на энергию:

$$C = 5,8 \cdot 210 = \mathbf{1218 \text{руб}}$$

Затраты на отопление, определяющиеся по следующей формуле:

$$Z_{\text{отоп}} = (a \cdot T \cdot V) \cdot C \quad (4.4)$$

где a —количество тепла на 1м³ помещения (12,57·10⁻⁵Гкал);

T — продолжительность отопительного сезона;

V —объем отапливаемого помещения (4х4х2,6м³);

C —стоимость 1Гкал тепла (1021,07руб).

$$Z_{\text{отоп}} = (12,57 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 41,6) \cdot 1021,07 = 435,02 \text{руб.}$$

Затраты на освещение вычисляются следующим образом:

$$Z_{\text{осв}} = (15 \cdot S_f \cdot M \cdot t) \cdot C / 1000 \quad (4.5)$$

где S_f —площадь пола (16м²);

M —количество часов искусственного освещения в сутки (7ч);

t —число рабочих дней (105);

C —стоимость 1 килоджоуля электроэнергии (5,8руб).

$$Z_{\text{осв}} = (15 \cdot 16 \cdot 7 \cdot 105) \cdot 5,8 / 1000 = 1023,12 \text{руб.}$$

Итого: 1218+435,02+1023,12=2676,32руб.

4.3.3 Затраты на оплату труда исполнителей научно-технического исследования

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

$$C_{\text{ЗП}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.6)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ —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:

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

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

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:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} Z_{\text{осн}} \quad (4.7)$$

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

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (4.8)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{м}} \cdot M / F_{\text{д}}, \quad (4.9)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 28 рабочих дней $M=11$ месяцев, 5-дневная неделя;

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

Основная заработная плата руководителя за период проведения работ (32 рабочих дня) равна:

$$З_{\text{дн}} = З_{\text{м}} \cdot M / F_{\text{д}} = 28942,87 \cdot 11 / 249 = 1278,6 \text{руб};$$

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} = 1278,6 \cdot 32 = 40915,2 \text{руб};$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 40915,2 = 6137,28 \text{руб};$$

$$С_{\text{ЗП}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} = 40915,2 + 6137,28 = 47052,48 \text{руб}.$$

Заработная плата магистра состоит из стипендии. Магистр, выполнивший данную работу, получает стипендию в размере 5650руб. Заработная плата составит:

$$C = 2275 \cdot 3 = 6825 \text{руб}.$$

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды.

Размер отчислений во внебюджетные фонды составляет 30% в 2017 от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИОКР.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.10)$$

где $k_{\text{внеб}}$ —коэффициент отчислений в социальные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (40915,2 + 6137,28) = 14115,74 \text{руб}.$$

4.3.5 Накладные расходы

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

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

$$C_{\text{накл}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{накл}}, \quad (4.11)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов взята в размере 16%.

$$C_{\text{накл}} = (40915,2 + 6137,28) \cdot 0,16 = 7528,4 \text{ руб.}$$

4.4 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Стоимость затрат в рублях
1. Материальные затраты НТИ	2431
2. Затраты на оборудование	3618
3. Затраты на энергию	1218
4. Затраты на отопление	435,02
5. Затраты на освещение	1023,12
6. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	47740,2
7. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6137,28

8.Отчисления во внебюджетные фонды	14115,74
9.Накладные расходы	7528,4
10.Бюджет затрат НТИ	84246,76

В ходе выполнения экономической части ВКР были проведены расчеты плановой себестоимости проведения НТИ и времени, необходимого на проведение ВКР. Плановая себестоимость работы составляет 84246,76руб, основная составляющая, которой—заработная плата исполнителей НТИ.

4.5 Организационная структура проекта

Организационная структура проекта—наиболее соответствующая проекту временная организационная структура, включающая всех его участников и создаваемая для успешного достижения целей проекта.

Разработка организационной структуры проекта включает:

- идентификацию всех организационных единиц;
- определение ролей участников проекта и их взаимодействия;
- определение ответственности и полномочий;
- распределение ответственности и полномочий между организационными единицами структуры;
- разработку инструкций, регламентирующих взаимодействия в структуре и рабочие процедуры.

Организационная структура проекта является динамической структурой, которая претерпевает изменения в процессе осуществления проекта. Эти изменения зависят от фаз жизненного цикла проекта, типов ,используемых в проекте контрактов, и других условий выполнения проекта. Организационная структура данного проекта представлена на рисунке 4.2.

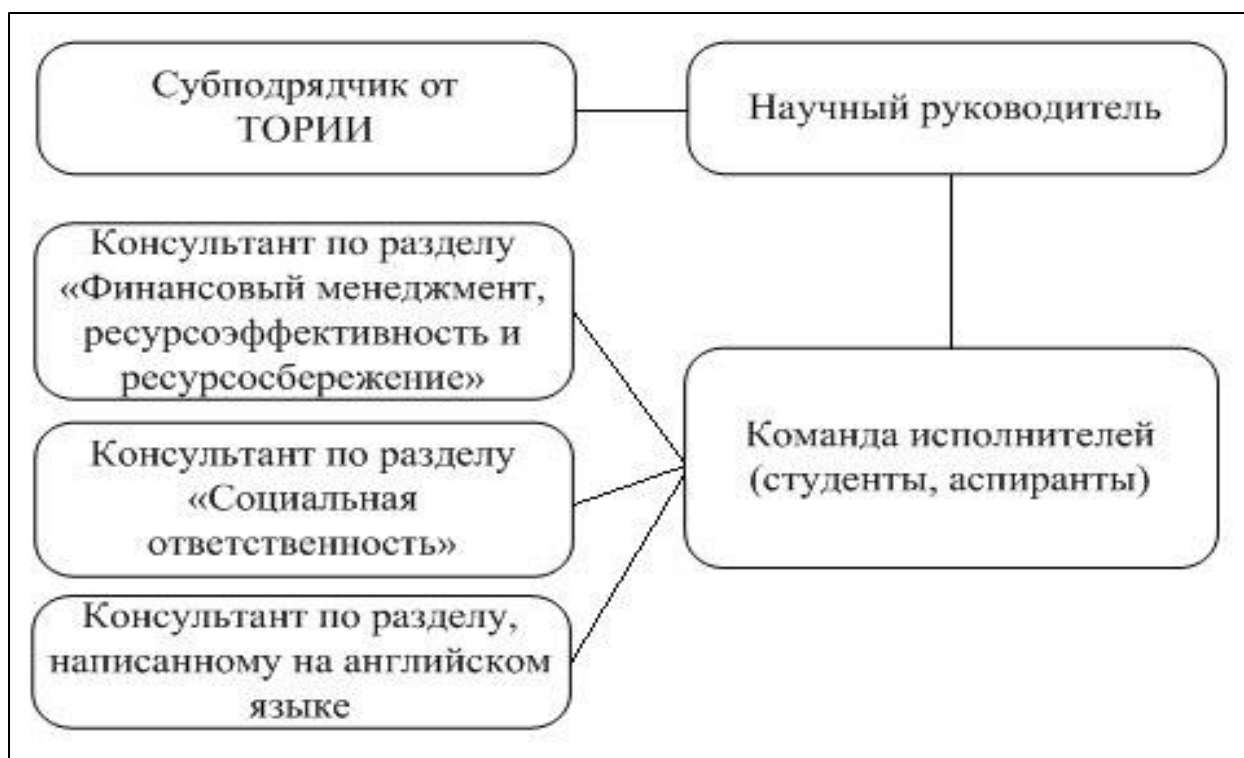


Рисунок 4.2 – Иерархическая структура работ

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 4.8 – 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:

$$I_m = \sum a_i \cdot b_{,i} \quad (4.12)$$

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

a_i –весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b –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 4.9. 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 вертикальном у профилю. Второй аналог–методика проведения радиационного контроля оператором. Данная методика не позволяет наблюдать за суточной динамикой радиационного фона.

Таблица 4.9 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1.Способствует росту производительноститруд	0,15	5	4	3
2.Удобствоэксплуатации (соответствует	0,15	4	4	4
3.Помехоустойчивость	0,25	4	3	3
4.Энергосбережение	0,1	5	5	4
5.Надежность	0,20	5	5	4
6.Материалоемкость	0,15	5	5	5
ИТОГО	1	4,6	4,2	3,75

Разработка=5·0,15+4·0,15+4·0,25+5·0,1+5·0,20+5·0,15=4,6;

Аналог1=4·0,15+4·0,15+3·0,25+5·0,1+5·0,20+5·0,15=4,2;

Аналог2=3·0,15+4·0,15+3·0,25+4·0,1+4·0,20+5·0,15=3,75.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_i}{\Phi_{\max}} \quad (4.13)$$

Φ_i —стоимость i -го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$ —максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (вт.ч.аналоги).

$$I_{\Phi}^p = \frac{90500}{130000} = 0.7$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{110000}{130000} = 0.85$$

$$I_{\Phi}^{a2} = \frac{130000}{130000} = 1$$

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

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{\Phi}^p}; \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{\Phi}^a}; \quad (4.14)$$

$$I_{финр}^p = \frac{4.6}{0.7} = 6.57$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{4.2}{0.85} = 4.94$$

$$I_{финр}^{a2} = \frac{3.75}{1} = 3.75$$

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

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} \quad (4.15)$$

В таблице 4.10 представлен расчет сравнительной эффективности разработанного проекта.

Таблица 4.10– Сравнительная эффективность анализа

№ п/п	Показатели	Аналог1	Аналог2	Разработка
1	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,2	3,75	4,6
2	Интегральный показатель эффективности	4,94	3,75	6,57
3	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,33	1,75	1

На основе расчета интегрального показателя с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности научного исследования (см. Таблицу 4.10) можно заключить что, сравнительная оценка текущего проекта выше других аналогов.

Таким образом, итоговая себестоимость НИР составила 84246,76 рубля, время, необходимое для выполнения работы, составило 105 календарных дня.

5. Социальная ответственность

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

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда [19].

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

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья [20].

На человека, работающего на ПЭВМ, воздействуют следующие вредные факторы: физические (температура и влажность воздуха; шум; статическое электричество; электромагнитное поле низкой частоты; 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

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

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

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

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.

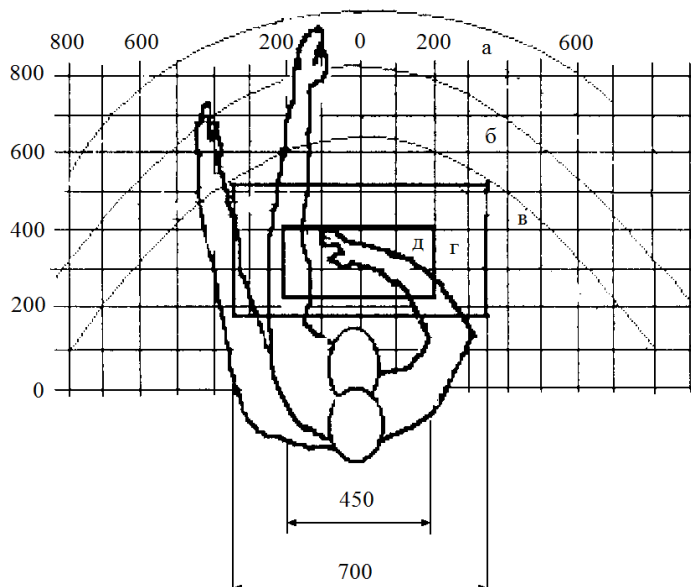


Рисунок 5.1 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а – зона максимальной досягаемости рук, б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке, в – зона легкой досягаемости ладони, г – оптимальное пространство для грубой ручной работы, д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук:

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

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования:

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

2. 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.

3. 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.

4. 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 м^3 на человека — не менее 30 м^3 в час на человека; при объёме помещения более 40 м^3 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 — $0,1 \text{ м/с}$, температура летом — $20 \div 25 \text{ }^\circ\text{C}$, зимой — $13 \div 15 \text{ }^\circ\text{C}$. В помещении осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток 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 $5 \text{ Гц} \div 2 \text{ кГц} - 250 \text{ нТл}$;
- в диапазоне частот $2 \text{ кГц} \div 400 \text{ кГц} - 25 \text{ нТл}$.

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 $5 \text{ Гц} - 400 \text{ кГц}$.

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 электрозащитные 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 оснащённости;
- 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

В данной магистерской диссертации было проведено исследование особенностей динамики радона в почвенном воздухе и осуществлен поиск влияющих факторов. Для этого использовали результаты многолетнего мониторинга ОА (объемная активность) радона в грунте. Была сформирована база данных мониторинга почвенного радона на глубинах 0,5м и 1м на экспериментальной площадке ТОРИИ (Академгородок, г.Томск) и метеорологических параметров за период с 2010 по 2017.

В результате исследования выявлены факторы, влияющие на динамику почвенного радона и проведен поиск закономерностей в поведении почвенного радона на суточном и сезонном масштабах. В ходе анализа выявлено что одним из основных влияющих факторов на динамику ОА радона в летний период является атмосферная температура. Амплитуда колебаний ОА радона на глубине 0,5м заметно больше, чем на глубине 1м, что связано с особенностями динамики конвективных потоков в почве (согласно 2-му закону Фурье). Корреляция ОА радона в почве и атмосферной температуры подтверждается результатами регрессионного анализа.

Суточные вариации радона в почве на глубине 0,5 м, наблюдаются в теплый период года в сухую погоду, и хорошо коррелируют с изменениями температуры воздуха. На одном метре суточные вариации радона проявляются только периоды с сильными изменениями вертикального градиента температуры (осенью). Максимальное значение ОА радона наблюдается в дневное время (18:00), а минимум наблюдается ранним утром (05:00). Сдвиг максимумов в ОА радона относительно температуры воздуха наступает приблизительно на 3 ч позже или без задержки на глубинах 0,5м и 1м в зависимости от того, каким детектором измеряли радон (α или β -детектором).

Хорошо выраженных суточных вариаций зимой не обнаружено. Причина этого – промерзание верхнего слоя грунта и наличие снежного покрова, приводящие к слабым изменениям градиента температуры в грунте.

Также результаты анализа показали, что осадки могут существенно влиять на динамику ОА радона в почве. Суточный ход ОА радона в дождливые дни выражен уже не так явно, либо вообще отсутствует. Это связано с конвективной составляющей потока радона. Во время дождей средней и низкой интенсивности градиент температуры в поверхностном слое грунта существенно снижается, тем самым уменьшая поток радона из грунта в атмосферу.

Осадки высокой интенсивности (более 40мм) приводят к аномальному увеличению радона которое можно принять за сигнал об изменении сейсмической опасности. Такое поведение почвенного радона можно объяснить тем, что проливной дождь быстро заполняет поры грунта, так что газообмен между почвенным и атмосферным воздухом снижается, а радон из пор более верхних слоев грунта вытесняется в более нижние слои.

Однако литературные данные говорят о том, что резкие изменения атмосферного давления, снежный покров и скорости ветра могут существенно повлиять на суточный ход ОА радона в почве. Но результаты нашего исследования показали, что не наблюдались никаких особенных влияний между ОА радона и метеопараметрами, которые были отмечены выше. Это скорее всего, обусловлено климатическими и почвенными условиями.

Выявлена закономерность в сезонной динамике радона: аномальное увеличение до 3-х раз при таянии снега.

При таянии снега обнаружено резкое возрастание уровня ОА радона в почве. Эти изменения внесли существенный вклад в относительно высокий коэффициент вариаций в весенний период. В ходе анализа выявлено что,

максимальное значение ОА радона на годовом масштабе приходится в зимний период, а минимальное в летний период. Это связано с тем что, повышенное содержание влаги в почве в зимний период вызывает более высокую эманацию радона, это приводит к более высоким концентрациям радона в почвенном воздухе.

В целом осенью амплитуда вариаций ОА радона заметно больше, чем летом. Это скорее всего, обусловлено климатическими и почвенными условиями.

Практическая значимость данного исследования заключается в том что, результаты исследования и экспериментальная база данных могут быть полезны при решении задач воздействия малых доз радиации на человека и окружающую среду, прогноза землетрясений в сфере радиоэкологии, и др.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мохамед Табет Салем. Влияние природных факторов на измеряемые характеристики поля радона // диссертация кандидата геолого-минералических наук, 2009
2. В.С. Яковлева. Методы определения объемной активности изотопов радона и продуктов распада в воздухе // Издательство ТПУ. 2010
3. Brain J.Alloway, Jose A.Centeno, Robert B.Finkelman, Ron Fuge, Ulf Lindh, Pauline Smedley. Essentials of Medical Geology “Impacts of the Natural Environment on Public Health” // Elsevier academic press, ISBN: 0-12-636341-2. 2004
4. United States Environmental Protection Agency. Protocols for Radon and Radon Decay Product Measurement in homes // USEPA Publication 402-R-92-003.Washington DC,. 1993
5. Mirosław Janiak, Peter Bossew. Analysis of simultaneous time series of indoor, outdoor and soil air radon concentrations, meteorological and seismic data // NUKLEONIKA 61(3):295-302. 2016
6. Cristina Antoci, Giuseppina Imme, Santo La Delfa, Salvatore Lo Nigro. Indoor and soil radon measurements in the Hyblean Foreland (South-East Sicily) // Annals of Geophysics. Vol. 50, N. 4, 2007
7. Nazaroff W.W, Nero Jr A.V. Radon and Its decay products in Indoor air, USA, John Wiley & Sons, 1988
8. D. Iskandar, T. Lida, H. Yamazawa, J. Moriizumi, J. Koarashi, K. Yamasoto, K. Yamasaki, M. Shimo, T. Tsujimoto, S. Ishikawa, M.Fukuda, H. Kojima. Transport mechanisms of ^{222}Rn in soil at Tateishi as an anomaly spot in Japan // Applied Radiation and Isotopes 63 (2005) 401-408, 2005
9. Winkler R, Ruckerbauer F, Bunzl K. Radon concentration in soil gas: a comparison of the variability resulting from different methods, spatial

- heterogeneity and seasonal fluctuations // Sci Total Environ 14;272(1-3):273-82, 2001
10. Korany KA, Shata AE, Hassan SF, Nagdy MSE. Depth and Seasonal Variations for the Soil Radon-Gas Concentration Levels at Wadi Naseib Area, Southwestern, Egypt // Korany et al, J Phys Chem Biophys 2013
 11. M. Schubert, H. Shultz. Diurnal radon variations in the upper soil layers and at the soil-air interface related to meteorological parameters // Health physics, 2002
 12. Sergei A. Paschuk, Janine Nicolosi Correa, Hugo R. Schelin, Laercio Barbosa, Tatyana Sadula, Christiana A. Matsuzaki. Radon in Soil Gas Survey in Curitiba (Brazil) // International Nuclear Atlantic Conference-INAC, ISBN: 978-85-99141-03-8, 2009
 13. Электронный ресурс. Uranium exploration-Radon soil survey.
<http://www.stratamodel.com/radon.htm>
 14. В.С. Яковлева. Методы и приборы контроля полей α -, β -, γ -излучений и радона в системе “ГРУНТ-АТМОСФЕРА” // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. 2013
 15. В.С. Яковлева, П.М. Нагорский. Особенности калибровки детекторов ионизирующих излучений, используемых для мониторинга почвенного радона // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. Науки. 2015. № 1(10). С. 54-64. ISSN 2079-6641.
 16. В.С. Яковлева, П.М. Нагорский. Развитие технологии радиационного мониторинга в городской среде // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. Науки. 2015. № 1(10). С. 65-71. ISSN 2079-6641.
 17. Szabo K. Z et al. Dynamics of soil gas radon concentration in a highly permeable soil based on long-term high temporal resolution observation series // Journal of environmental radioactivity. – 2013. –Т. 124. – С. 74-83.

18. Antonopoulos-Domis M. et al. Experimental and theoretical study of radon distribution in soil / Antonopoulos-Domis, M., Xanthos, S., Clouvas, A., Alifrangis, D., // Health physics. – 2009. –Т.97. -№.4 – С.322-331.
19. Об основах охраны труда в Российской Федерации: Федеральный закон от 17.07.99 № 181 // Справочная правовая система Консультант плюс
20. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация // Справочная правовая система Консультант плюс
21. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
22. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
23. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы и правила Российской Федерации. М.: Изд-во стандартов, 1995.-30 с.
24. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно –вычислительным машинам и организации работы // Справочная система Консультант плюс
25. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов // Справочная правовая система Консультант плюс

Приложение А

(обязательное)

Section 1

Research of radon dynamics in soil air

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM5Б	Ганбат Мунх-Эрдэнэ		

Консультант кафедры ПФ ФТИ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ПФ ФТИ	Веригин Д.А.			

Консультант – лингвист кафедры ИЯ ФТИ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ИЯ ФТИ	Ермакова Я.В.			

CONTENTS

1. Literature Review.....	92
1.1 Seasonal variation in concentration of soil radon depending on the soil depth.....	93
1.2 Daily variation in soil radon concentration depending on meteorological parameters.....	97

1. Literature Review

The ecological emergence of radon gas has been intensively studied in recent decades because of its negative impact on human health. Its short-lived daughter products such as ^{218}Po and ^{214}Po can be attached to aerosols (dust and cigarette smoke) and can be breathed into the lungs.

Radon is noble gas and thus it is not able to form chemical compounds, which could interfere his free movement in the soil. Once the radon is free to move when it has left its original matrix through the emanation process that can lead to different migration mechanisms [6]:

- Diffusion
- Convection, which can occur when a sufficient thermal gradient present in the soil, depending on many local parameters, such as viscosity, porosity, permeability
- Transport with carrier gas

These processes determine the concentration of the radon activity in the soil air, which depends on the depth. The concentration of soil radon activity increases with depth and exponentially saturates to the equilibrium concentration [7].

At present, many articles on the dynamics of soil radon have been published in the many countries. These studies show that the concentration of soil radon depends not only on the ^{226}Ra content and its distribution in the soil, but also on porosity, permeability, moisture content and meteorological parameters [6,8].

In the study of the German scientist Winkler [9], it has discussed that the variation in the soil radon concentration as a result of seasonal fluctuations was more significant than spatial heterogeneity.

According to the analysis of some studies confirmed a seasonal variation in the concentration of soil radon observed that high concentration in summer and low in the winter. Some researchers also found anomalies in the soil radon concentration under the influence of various factors. For example, in Jordan, anomalies caused by faults in the earth's crust were found, in the Mont Blanc area, France, anomalies in the snow, in Velence, Hungary, anomalies caused by high concentrations of uranium and thorium in the soil [8].

The main purpose of all these studies to understand the phenomenon of radon concentration increasing and to investigate the dynamics of soil radon. Also radon is the optimal indicator in various studies because of its features. By using the features of the radon field, the prediction of geodynamic processes (such as earthquakes, rock bursts, landslides. etc), as well as the study of the radon field is connected with radioecology, more specifically with the assessment of radon hazard areas for the construction of residential and office premises.

1.1 Seasonal variation in concentration of soil radon depending on the soil depth

This study describes the results of the measurements of soil radon concentration and the analysis of the influencing factors to the seasonal variation of the radon concentration which depending on the soil depth.

Simultaneous monitoring of the soil radon dynamics was carried out by Egyptian scientists [10] in the Wadi Nasib region, Egypt.

The measurements were carried out with track detectors CR-39 in the summer and winter 2013, at different depths of the 25, 50, 75 and 100cm. Figures 1.1.1-1.1.4 show the results of measurements of the soil radon concentration, depending on the soil depth in different seasons.

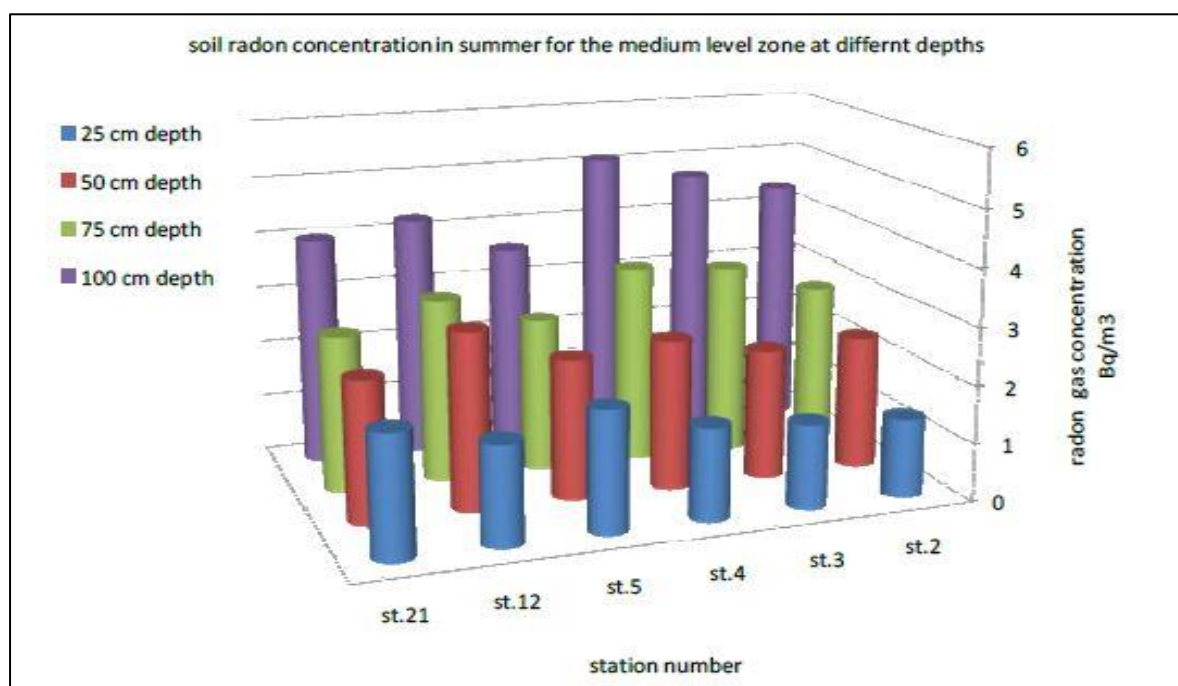


Figure 1.1.1- Soil radon concentration in summer at different depths

It should be noted that the soil radon concentration at depth of 100cm is almost two times higher than the concentration at the depth of 25cm. This is due to the fact that moisture in these geological areas is concentrated 20-30cm below the surface in addition to the influence of atmospheric pressure, which suppresses the diffusion of radon upward [10].

The measured soil radon concentration levels in winter were systematically lower than in summer, and this is true for all the studied formations. This results reflects the

changes in porosity, permeability and moisture content of the soil, covering the geological formation between the two seasons.

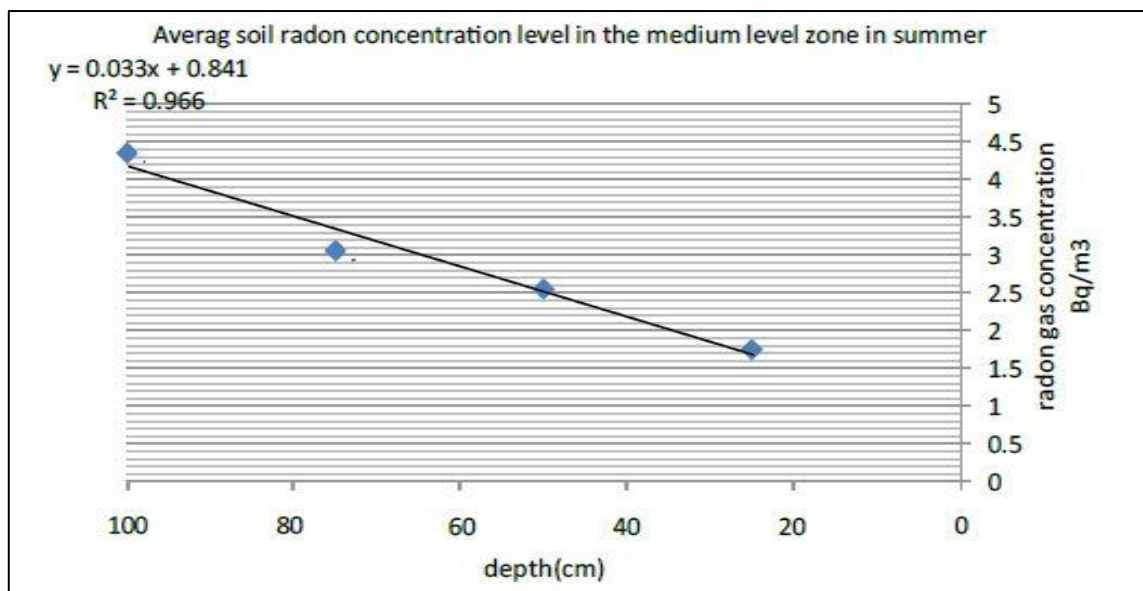


Figure 1.1.2 Average soil radon concentration level in summer

It shows, in particular, that moisture, which is more important in the winter, dissolves radon and thus inhibits radon diffusion. If we assume that the contribution of soil radon to indoor radon is of the order 100:1 taken at a depth of 50 cm, then the corresponding expected indoor radon concentration levels for the low, medium and high level zone in Bq/m³ 13, 25 and 142 in summer, respectively. In winter these figures become 8, 20 and 86, respectively.

Table 1. The ratio of the average radon concentration in summer and winter at different depths

Average radon concentration at different depths	Average concentration measured in the summer [kBq/m ³]	Average concentration measured in the winter [kBq/m ³]	Ratio Summer/Winter
25 cm	1.742 ± 0.168	1.108 ± 0.153	1.572

50 cm	2.546 ± 0.254	1.957 ± 0.477	1.3
75 cm	3.053 ± 0.265	2.503 ± 0.263	1.219
100 cm	4.347 ± 0.359	2.996 ± 0.202	1.45

Table 1 shows that obtained ratios in the range from 1.219 to 1.572. A small ratio at a depth of 100cm (small difference between summer and winter) may be related to water movement in the deeper layers.

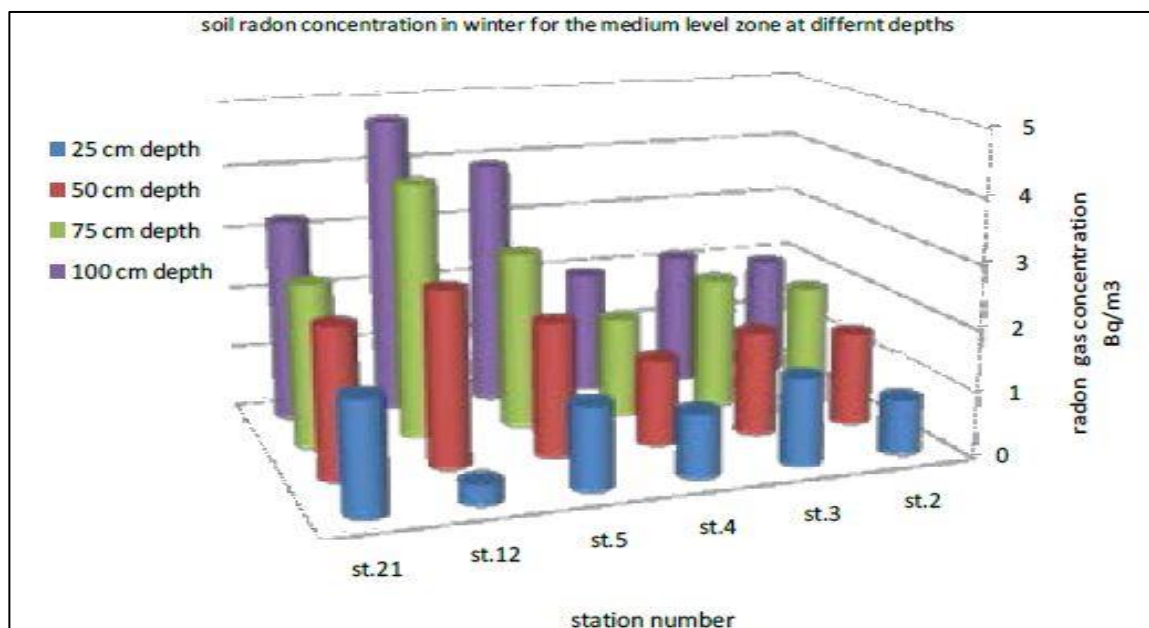


Figure 1.1.3 Soil radon concentration in winter at different depths

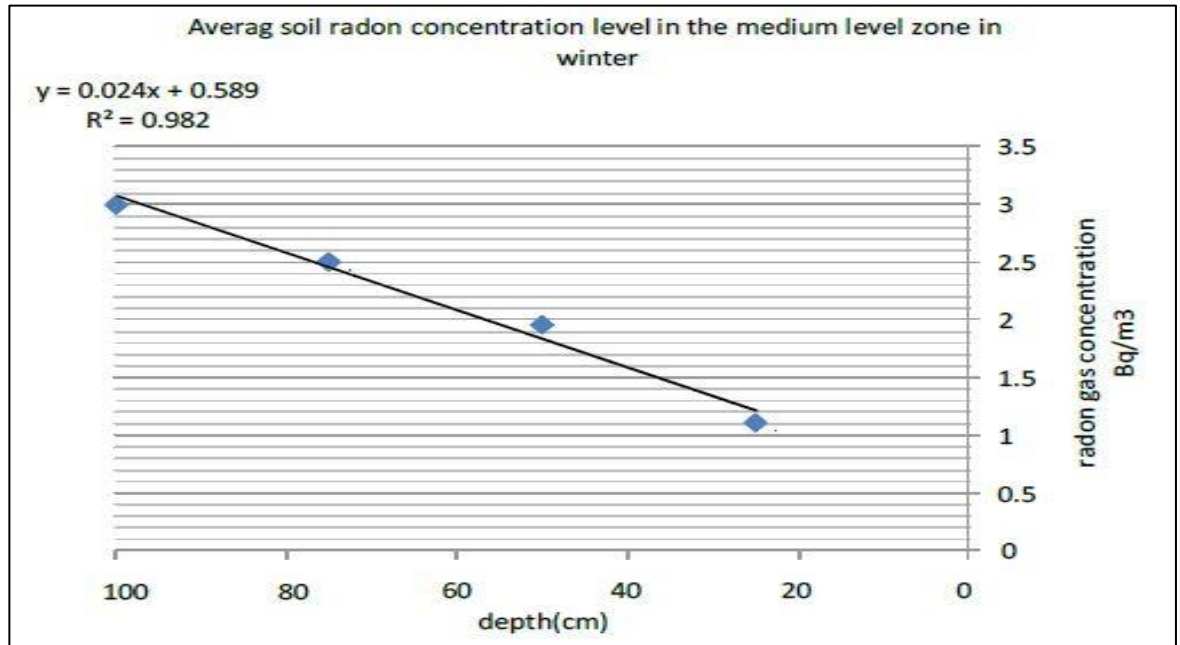


Figure 1.1.4 Average soil radon concentration level in winter

The authors of this work reported that using the obtained results for summer and winter, it can be determined the exhalation rates and the radon concentration at the surface of the soil covering each geological formation, which is very important because it contributes to a greater extent to the indoor radon concentration levels which is considered to be a health hazard. The obtained values of indoor radon concentration levels derived from our results, for both seasons, are below the standard action level ($4\text{pCi/L}=148\text{Bq m}^{-3}$).

1.2 Daily variation in soil radon concentration depending on meteorological parameters

Since natural soil conditions are only rarely homogeneous and since the nature of radon transport processes in the soil gas is rather involved, the predictive power of theoretical migration models for describing on-site experiments is often restricted.

This concerns, for instance, the multiple interplay between diffusive and convective migration processes and their dependence on the various meteorological conditions.

Although it is generally accepted that the both intensity and the direction of the soil gas radon concentration is governed by the change of meteorological parameters, the quality and above all the quantity of short-term meteorological influences is still debated.

A crucial parameter affected to a large extent by the meteorological conditions is the soil moisture. It governs the sorption of radon on the soil particles and can especially in very dry and fine grained soils significantly change the release of radon at the earth's surface .

In the early 2000s, the dependence of soil radon concentration was exclusively studied by the authors [11] on the gradient of soil temperature/atmosphere and wind speed. At the execution of study, the authors reported that was detected significant daily variations in radon concentration in the uppermost soil layer and on the gradient of soil/atmosphere. Such a behavior was not found in 30cm and deeper soil layers.

It is argued that the diurnal radon variation in the uppermost soil layer is mainly associated with the diurnal inversion of the soil/air temperature gradient giving rise to a convective soil gas migration additional to the common upward diffusion processes, whereas the diurnal variation of the radon concentration at the soil/air interface is caused by the interplay of the temperature gradient and the wind speed.

The measurement of this study was carried out using the GAMS (Gas Migration Simulator) simulator at the UFZ-Centre for Environmental Research Leipzig-Halle GmbH.

The main body of this simulator is entirely made of polyethylene and takes the form of a 2m^3 cylindrical container with a surface area of 1m^2 .

The GAMS has been installed on an outdoor test site and placed into the ground up to its upper rim and it was filled with a homogenous mixture of quartz sand and uranium tailings with a constant moisture content of about 4%. The radon concentration and soil temperature have continuously been measured by probes installed at depths of 0, 5, 30, 70, 140 and 200cm. The soil gas radon concentration at 5, 30, 70, 140 and 200cm was measured with a ‘Clipperton’ probe which has a diameter of 5cm.

The Clipperton probe is a field instrument designed for continuous long-term radon measurement in the soil gas, which allows to measure radon concentrations in range between 100Bq m^{-3} and 1000kBq m^{-3} with an accuracy of $\pm 7.5\%$. It is based on the detection of alpha-particle emissions using a solid state electronic sensor. Detailed information about the device “Clipperton” described in [11].

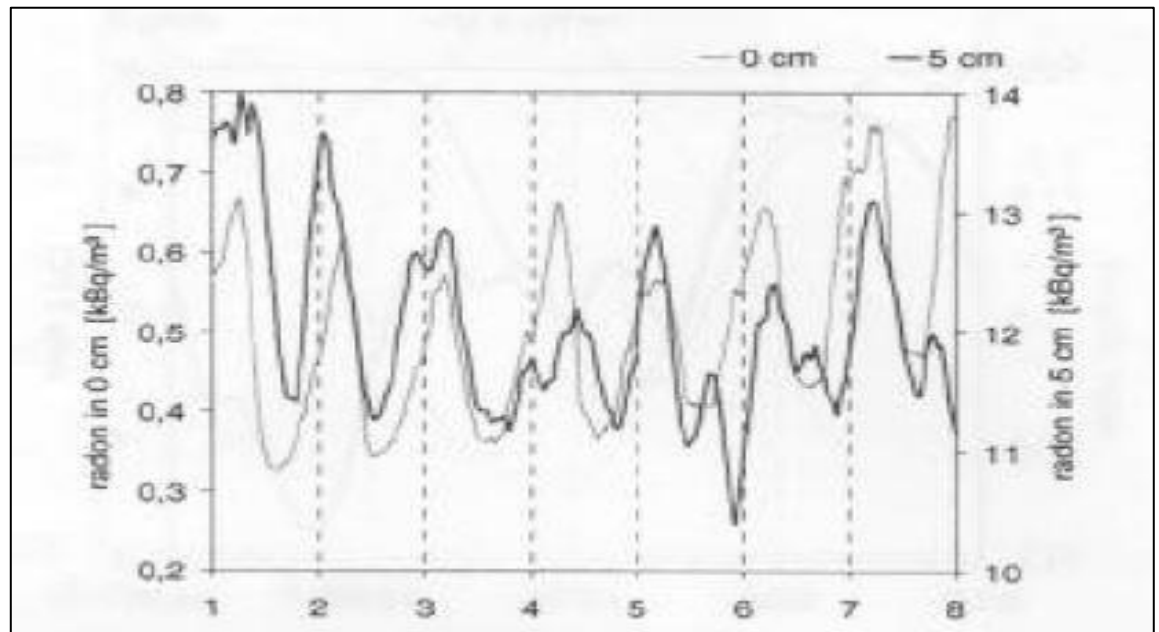


Figure 1.2.1. Radon concentration at the soil/air interface (0cm) and at a depth of 5 cm over a period of 7 days (moving averages). Midnight is marked by dashed lines.

The radon concentration at the interface (0 cm) was measured using a mobile radon monitor “AlphaGuard PQ2000” and the results of the measurements are presented in the figures below. The results to be discussed are based on data sets recorded simultaneously as time series at 1 hour intervals over a period of 31 days 1999. It can be seen that both concentrations exhibit nearly synchronous diurnal variations of a significant magnitude. The highest concentration values appear in the early morning hours, whereas the lower values emerge in the afternoon. Such diurnal patterns could not be observed in 30, 70, 140 and 200cm depths. The authors recommend that if they would exist, they are completely masked by the stochastic error of the Clipperton probes.

Figure 1.2.2 illustrates that the diurnally changing temperature gradient at the soil/air interface has a direct impact on the radon concentration in the uppermost soil layer (5cm).

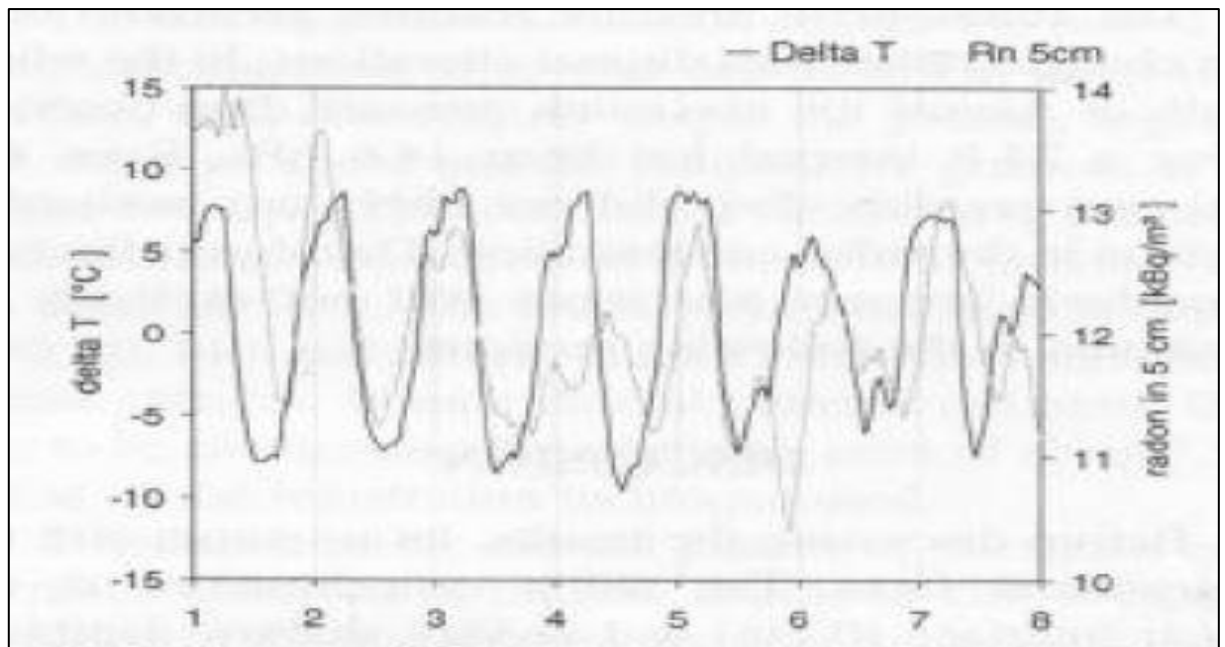


Figure 1.2.2. Temperature difference at the soil/air interface ($\Delta T = T_{\text{soil}} - T_{\text{air}}$) and radon concentration at a depth of 5 cm over a period of 7 days. Midnight is marked by dashed lines

Since at 30 cm and below no noticeable diurnal temperature variations were observed the respective radon concentrations do not exhibit similar patterns at these depths. As seen in figure 1.2.3, the wind speed also shows an apparent day/night cycle. The highest wind speeds appear at about noon and in the early afternoon and lowest ones at about midnight and in the early morning hours.

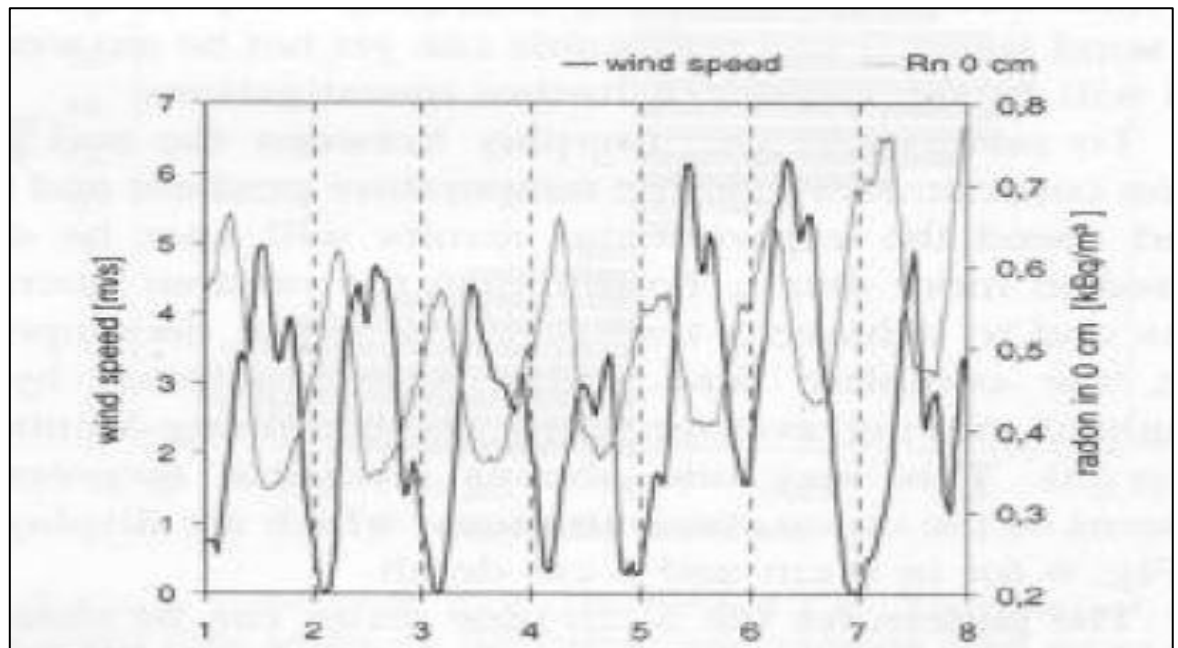


Figure 1.2.3. Wind speed and radon concentration at the soil/air interface (0cm) over a period of 7 days. Midnight is marked by dashed lines.

Typical of the early morning and morning hours is a more or less stable plateau of somewhat higher radon concentrations. Over mid-day the radon concentration drops to a lower level and does not behave as steadily as in the morning hours. The lowest radon concentrations appear in the evening.

The described behavior can be qualitatively understood as the result of the interplay between diffusive and convective transport processes in the soil gas, the latter being triggered by the respective temperature gradient. As illustrated in Figure 1.2.4 ,

during the night and morning hours the temperature difference between soil and air is positive.

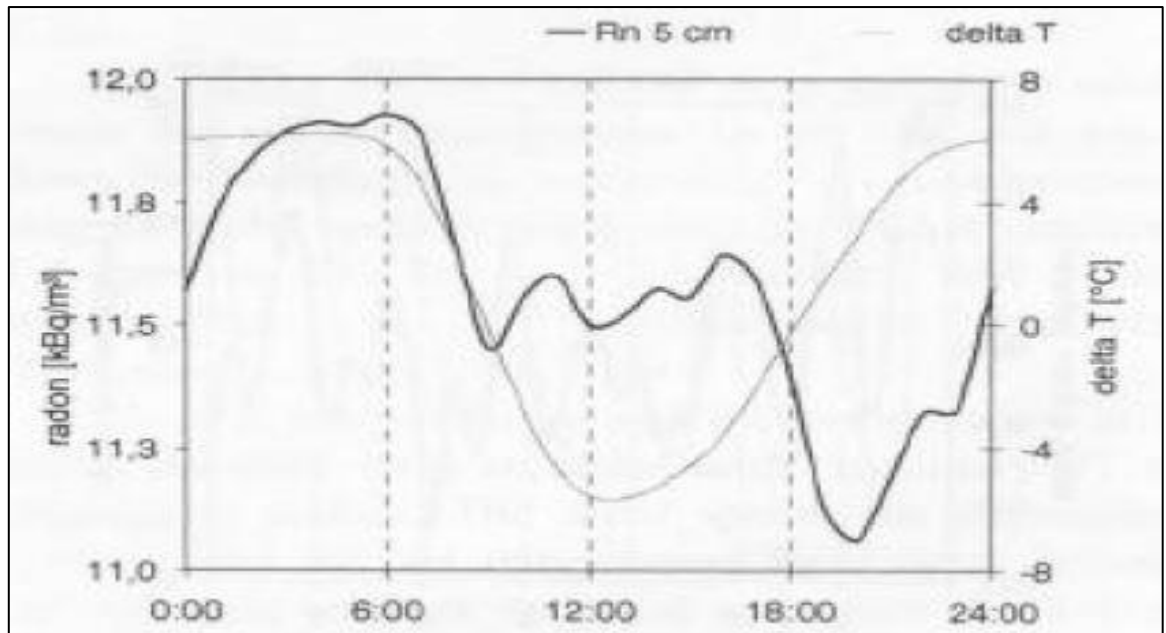


Figure 1.2.4. Statistically recurring pattern of the radon concentration at a depth of 5cm and the temperature difference at the soil/air interface ($\Delta T = T_{\text{soil}} - T_{\text{air}}$) on the basis of a 24-h period

Hence, an upwards directed convective radon flux enhances the overall diffusive transport leading to the concentration maximum early in the day. As soon as the outside temperature is higher than that of the soil, the situation is reversed.

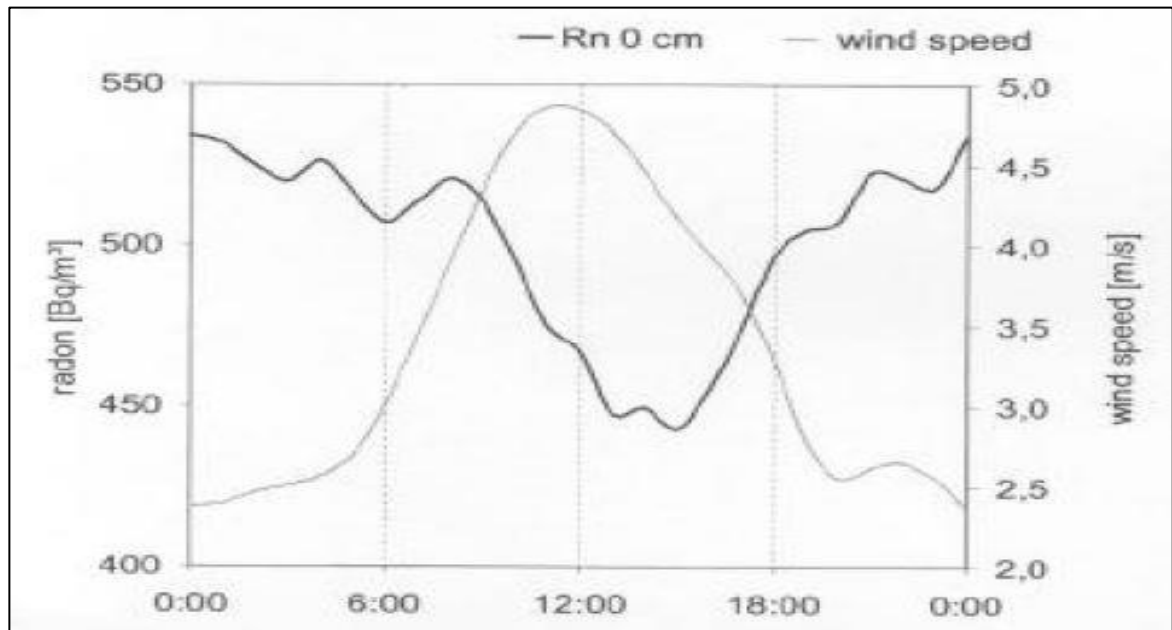


Figure 1.2.5. Statistically recurring pattern of the radon concentration at the soil/air interface (0cm) and the wind speed on the basis of a 24-h season

As illustrated in Fig.1.2.5, at night, when exhalation is greatest, the lowest wind speeds occur, minimizing air turbulences.

During the day, the wind speed increases and the radon-rich layer above the ground is blown away. The relation between the radon concentration at the soil/air interface and the wind speed has also been examined by a correlation analysis (distributed lag analysis).

The results shows a three hours lag between the maximum (minimum) wind speed and the minimum (maximum) radon concentration at the soil/air interface (Fig.1.2.6).

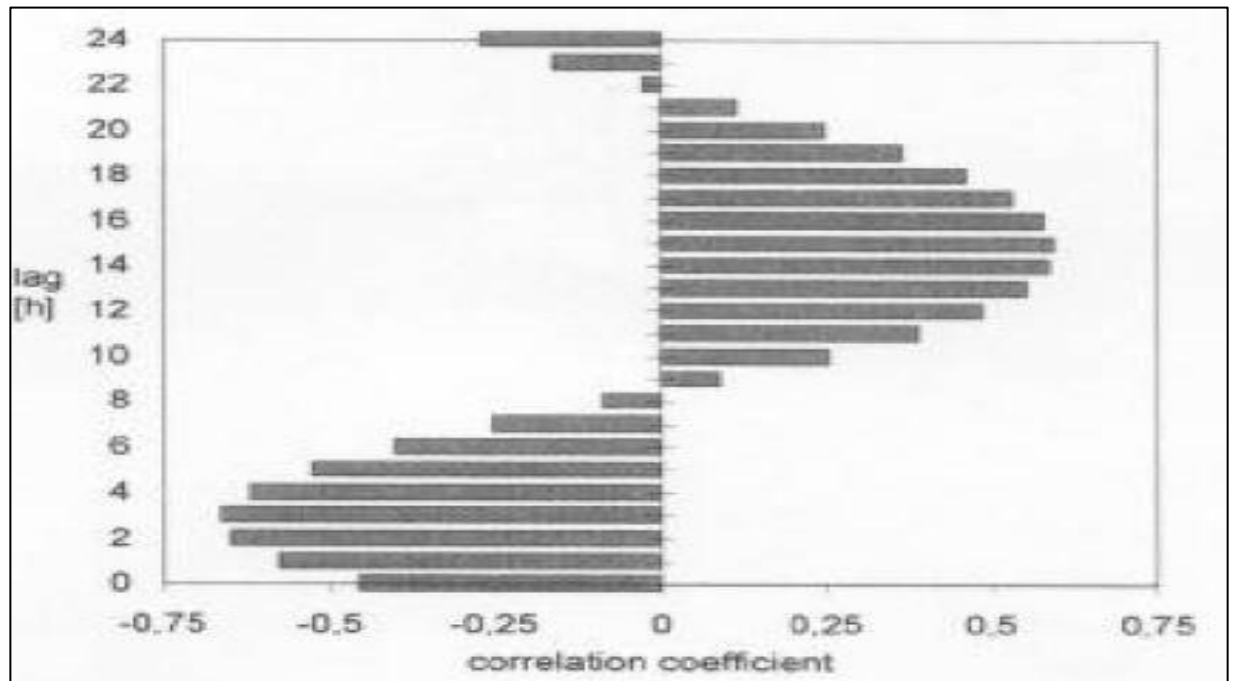


Figure 1.2.6. Cross correlation plot (Distributed lag analysis) of the wind speed time series vs the radon concentration time series (in 0cm). The wind speed was chosen to be the independent parameter.

Based on this soil radon measurements, authors of the work summed up the following:

- Noticeable daily variations in radon concentration were observed at the ground / atmosphere interface and in the uppermost layer of the soil;
- The daily variation in radon concentration observed at shallow depths that densely correlates with the temperature gradient in the surface layer of the soil, which leads to an increase in the contribution of diffusion and convective migration processes to the overall radon transport;
- The radon concentration increases in the night and early morning hours and decreases in the evening. Similar processes occurred even more in the dumps of uranium mines;

- The radon concentration measured at the ground / atmosphere interface also shows typical daily variations, which, in addition to diffusion and convective transport processes, modulate the daily course of wind speed;
- At noon, both high wind speed and moderated exhalation of radon lead to a significant reduction in radon concentration at the interface of the ground / atmosphere and directly above the ground;