

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 14.04.02 Ядерные физика и технологии
 Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Влияние техносферы на радиационно-экологическое благополучие населения
УДК 539.165:546.296:577.346:574

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ03	Абдуллина Кристина Ринатовна		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Передерин Ю.В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Долматов О. Ю.	к.ф.-м.н		

Планируемые результаты обучения

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ
Профессиональные компетенции	
ПК(У) -1	Способность к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий
ПК(У)-2	Готовность применять методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
ПК(У)-3	Готовность разрабатывать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований
ПК(У)-4	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения
ПК(У)-5	Способность к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов РФ в области ядерной и радиационной безопасности, атомной энергии
ПК(У)-6	Способность объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение
ПК(У)-7	Способность формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания

	методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании
ПК(У)-8	Готовность применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, учета неопределенностей при проектировании
ПК(У)-9	Способность решать задачи в области развития науки, техники и технологии с учетом нормативного правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности
ПК(У)-10	Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования и дополнительного профессионального образования (ДПО)
ПК(У)-11	Способность к проектированию и экономическому обоснованию инновационного бизнеса, содержания, структуры и порядка разработки бизнес-плана

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки (специальность) 14.04.02 Ядерная физика и технологии
Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Долматов О.Ю.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ03	Абдуллина Кристина Ринатовна

Тема работы:

Влияние техносферы на радиационно-экологическое благополучие населения

Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 04.02.2022 г №35-83/с
---	--------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: уровень радона в приземной атмосфере Оборудование: радиометр Альфарад
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	– проведение аналитического обзора по теме исследования; – провести измерения объемной активности радона в районах города с разной застройкой, радиометром Альфарад; – провести расчет плотности потока радона с поверхности зданий разных типов; – рассчитать вклады в суммарную объемную активность радона в атмосфере от различных источников для районов с разной плотностью застройки;

	– провести анализ полученных результатов и вывод.
Перечень графического материала	Функциональная схема радиометра

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Т.Б.
Социальная ответственность	Передерин Ю.В.

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

1 Обзор литературы
2 Методы измерения радона
3 Экспериментальная часть
4 Результаты исследования
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
6 Социальная ответственность

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ03	Абдуллина К.Р.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0AM03	Абдуллина Кристина Ринатовна

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02/ Ядерная и радиационная безопасность

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ.</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	<i>- районный коэффициент- 1,3; - коэффициент дополнительной заработной платы -1,12; - накладные расходы – 20%; - норма амортизации 15%.</i>
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	<i>- страховые взносы во внебюджетные фонды 30,2%.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	<i>Анализ потенциальных потребителей результатов исследования, конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации, проведение SWOT-анализа.</i>
2. Разработка устава научно-технического проекта	<i>Определение целей и результатов проекта, организационной структуры проекта.</i>
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски	<i>Формирование плана и графика проекта: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ. Формирование бюджета затрат проекта.</i>
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	<i>Расчет показателей сравнительной эффективности проекта, интегрального показателя ресурсоэффективности</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Календарный план</i>
4. <i>Бюджет НИ</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM03	Абдуллина К.Р.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ03	Абдуллина К.Р.

Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	14.04.02/ Ядерная радиационная безопасность

Тема ВКР:

Влияние техносферы на радиационно-экологическое благополучие населения	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Оценка уровня радона от техносферных объектов с применением радиометра Альфарад.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Трудовой кодекс РФ; – ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы»; – ГОСТ 12.1.038–82. «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»; – ГОСТ Р 12.1.019–2009. «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»;
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные и опасные факторы: – отклонение показателей микроклимата; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень шум; – повышенный уровень электромагнитных излучений; – опасность ионизирующего излучения; – поражения электрическим током.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: пожар, поражение электрическим током, падение с высоты собственного роста; Наиболее типичная ЧС: поражение электрическим током.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Передерин Ю.В.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ03	Абдуллина К.Р.		

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки (специальность) 14.04.02. Ядерные физика и технологии
Уровень образования высшее
Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла
Период выполнения (весенний семестр 2021/20222 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
04.02.2022	<i>Выдача задания</i>	
30.03.2022	<i>Составление литературного обзора по заданной тематике</i>	
05.04.2022	<i>Выбор районов для проведения измерений</i>	
10.05.2022	<i>Проведение измерений</i>	
25.05.2022	<i>Анализ результатов</i>	
01.06.2022	<i>Сдача работы</i>	

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Долматов Ю.В.	к.ф.-м.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка используемой литературы, содержит 95 страниц основного машинописного текста, 14 рисунков, 29 таблиц, 3 приложений.

Ключевые слова: радон, радиометр Альфарад, плотность потока радона, техносферные объекты, концентрация радона, радиационная безопасность.

Объектом исследования является суммарная активность радона в атмосфере.

Цель работы – определение вклада зданий в суммарный уровень радона в приземной атмосфере.

В процессе исследования проводились: эксперименты по измерению плотности потока радона в грунте и строительных материалах радиометром Альфарад.

В результате исследования был рассчитан суммарный уровень радона в атмосфере для районов с разной плотностью застройки и оценено влияние техносферных объектов на радиационно-экологическое благополучие населения.

Научная новизна: оценка влияния объектов техносферы на суммарные уровни радона в городской среде позволит решить проблемы малых доз радиации.

Практическая значимость: результаты исследования и выявленные зависимости при проведении эксперимента могут применяться при застройке городов техносферными объектами с целью уменьшения концентрации радона в атмосфере.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

объемная активность радона: Активность радона, равномерно распределенного в объеме 1 м^3 ;

плотность потока радона: Активность радона, проходящего через единицу площади в единицу времени;

дочерний продукт распада: Нуклид, образовавшийся в результате радиоактивного распада;

эманирование: процесс выхода радона через поровое пространство в твердой фазе.

Обозначения и сокращения

ППР – плотность потока радона;

ОА – объемная активность;

ДПР – дочерний продукт распада;

НК – накопительная камера;

ИИ – ионизирующее излучение.

Оглавление

Введение	13
1 Обзор литературы.....	14
1.1 Исследование радона	14
1.2 Опасность радона	17
1.3 Источники радона в помещении.....	20
1.3.1 Подземные воды как источник радона.....	20
1.3.2 Почва как источник радона.....	21
1.3.3 Содержание радона в строительных материалах	22
1.4 Меры против радона	24
2. Методы измерения Радона.....	25
2.1 Характеристика методов измерения радона	25
2.1.1 Прямые методы измерения	25
2.1.1.1 Динамические методы НК	26
2.1.1.2 Статические методы НК.....	28
2.1.2 Косвенные методы измерения	30
3 Экспериментальная часть	32
3.1 Радиометр Альфарад плюс	32
3.2 Подготовка к проведению исследования	34
4 Результаты исследования.....	37
4.1 Территория с низкой плотностью застройки	37
4.2 Территория с высокой плотностью застройки.....	39
4.3 Города с современной застройкой	41
4.4 Территория без построек (поле)	43
4.5 Оценка эффективной дозы облучения населения за счет Радона.....	43
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	47
5.1 Предпроектный анализ.....	47
5.1.1 Анализ конкурентных технических решений	47

5.1.2 SWOT-анализ	50
5.2 Планирование управления проектом	54
5.2.1 Цель и задачи подраздела	54
5.2.2 Участники, структура и график работ проекта	54
5.2.3 Бюджет проекта	56
5.2.3.1 Сырье, материалы, покупные изделия	56
5.2.3.2 Специальное оборудование для научных работ	57
5.2.3.3 Основная заработная плата	58
5.2.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	60
5.2.3.5 Отчисления на социальные нужды	60
5.2.3.6 Накладные расходы	61
5.3 Определение ресурсоэффективности, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	62
5.3.1 Интегральный показатель финансовой эффективности проекта	62
5.3.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности	63
5.4 Вывод по разделу	65
6 Социальная ответственность	67
6.1 Введение	67
6.2 Производственная безопасность	67
6.2.1 Отклонение параметров микроклимата	68
6.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны	70
6.2.3 Влияние уровня звука	72
6.2.4 Влияние электромагнитного излучения	73
6.2.5 Повышенный уровень ионизирующего излучения	74
6.2.6 Электробезопасность	75
6.3 Пожаро-взрывобезопасность	76
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	77
6.5 Вывод по разделу	79
Заключение	81

Список публикаций студента	83
Список использованных источников	84
Приложение А	91
Приложение Б.....	98
Приложение В	102

Введение

Современная эпоха характеризуется быстрым промышленным развитием, которое оказывает давление на экосистемы и приводит к глобальным экологическим проблемам. Так как при строительстве и сооружении зданий используется большое количество разнообразного сырья имеющего, как природное, так и техногенное происхождение. При выборе строительных материалов основными критериями являются не только эксплуатационные характеристики и стоимость, но и их экологическая безопасность. Проведены многочисленные исследования, доказывающих, что многие стройматериалы обладают радиоактивностью [1, 2, 3].

Таким образом, благоустройства городов техносферными объектами приводит к перераспределению источников природного излучения в итоге в одном районе суммарная доза облучения увеличивается, а в другом снижается ниже средне фонового значения, что усложняет решение проблем малых доз радиации [4, 5].

Отсюда целью работы является определение вклада зданий в суммарный уровень радона в приземной атмосфере.

Для выполнения цели поставлен ряд задач:

- обзор литературы по теме исследования;
- провести расчет и измерения ППП с поверхности зданий разных типов (кирпичные, панельные, шлакоблочные);
- провести расчет и измерения ППП с поверхности грунта в пределах городской территории;
- провести измерения ОА радона в районах города с разной застройкой, радиометром Альфарад;
- рассчитать вклады в суммарную ОА радона в атмосфере от различных источников для районов с разной плотностью застройки;
- анализ полученных результатов и выводы.

1 Обзор литературы

1.1 Исследование радона

Радон – это радиоактивный газ, не имеющий ни цвета, ни запаха, именно поэтому люди в повседневной жизни не замечают его воздействия. Известно 19 радиоактивных изотопов радона, но только 3 из них являются природными [8]:

- Rn^{219} (An, актинон, период полураспада, $T_{1/2} = 3,92$ сек),
- Rn^{220} (Tn, торон, $T_{1/2} = 51,5$ сек) и
- Rn^{222} (Rn, радон, $T_{1/2} = 3,82$ дн).

На рисунке 1.1 представлены ряды природных радиоактивных семейств урана и тория до момента образования радиоактивного газа – радона.

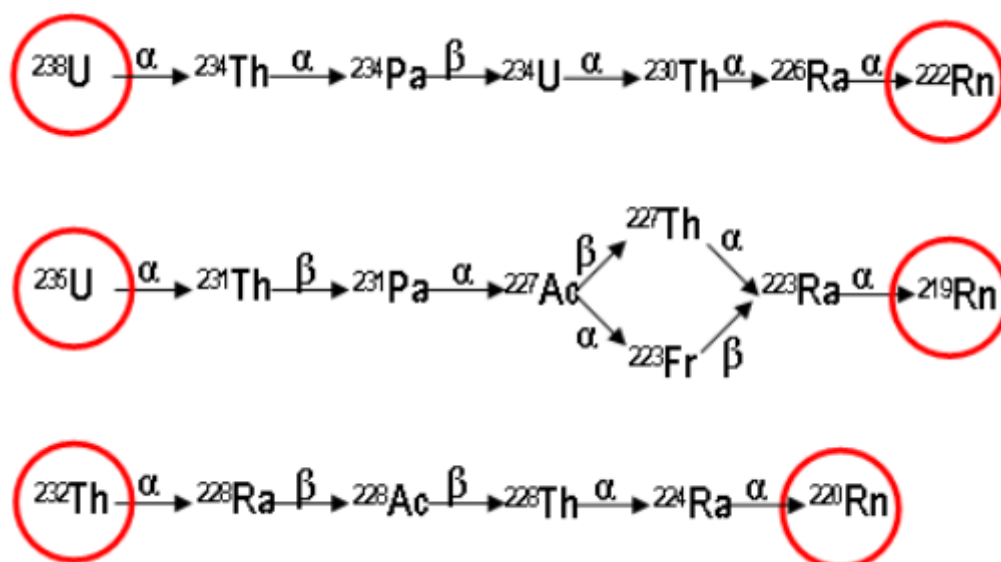


Рисунок 1.1 – Ряды природных радиоактивных семейств до образования радона

В 1900 г Ф. Дорном был открыт Rn^{222} , являющийся продуктом распада Ra^{226} , образующегося за счет имеющего в природе материнского ядра U^{238} . Rn^{222} представляет из себя газ плотностью $9,73 \text{ кг/м}^3$ при нормальных условиях и с периодом полураспада $T_{1/2} = 3,8$ суток.

Также в 1900 г. Э. Резерфордом и Р. Оуэнсом найден второй природный изотоп радона – Торон (Rn^{220}). Он образующийся в ряду Th^{232} , продукт распада

Ra^{223} . Торон – это газ с плотностью $9,816 \text{ кг/м}^3$ (при нормальных условиях) и периодом полураспада $T_{1/2}=54,5$ секунды.

Через три года после открытия Rn^{222} и Rn^{220} , французскими учеными Андре-Луи Дебьерном и Ф. Гизелем был открыт третий природный изотоп радона – актинон (Rn^{219}). Газ обладает плотностью $9,771 \text{ кг/м}^3$ и является самый короткоживущий $T_{1/2}=3,92$ секунды.

В процессе распада изотопов радона образуются изотопы, такие как полоний, висмут, талий и конечным продуктом распада для Rn^{222} , Rn^{220} , Rn^{219} является один из стабильных изотопов свинца с атомным номером 82, для Rn^{222} – Pb^{206} , для Rn^{220} – Pb^{208} , а для Rn^{219} – Pb^{207} . На рисунке 1.2 изображена схема распада изотопов радона.

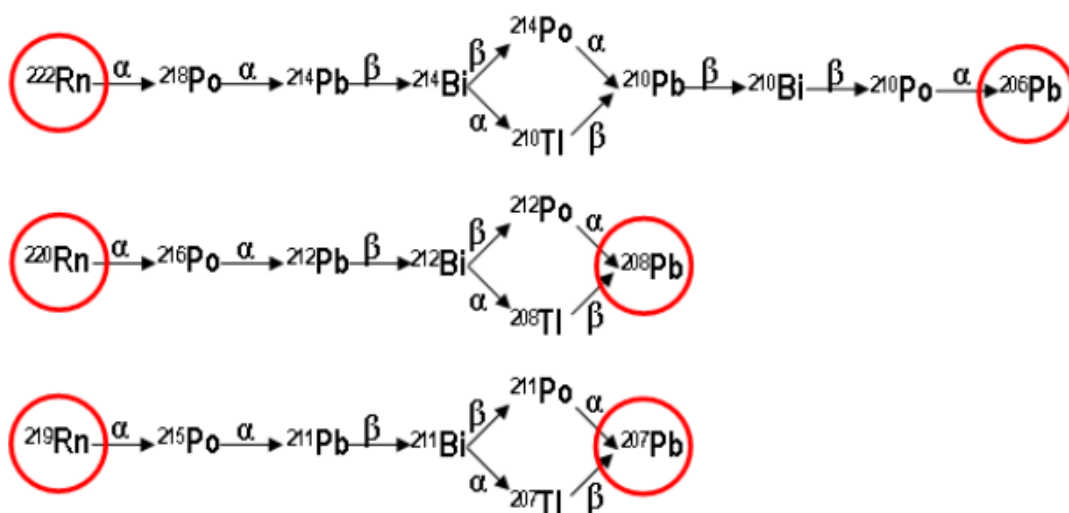


Рисунок 1.2 – Схема распада изотопов радона

Радон-222 последовательно распадается на Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214 и Pb-210. Когда радон распадается на Po-218, он создает альфа-частицу с энергией 5,49 МэВ. Po-218 имеет период полураспада 3,05 мин и, как и радон, при распаде образует альфа-частицу с энергией 6 МэВ. Po-218 с периодом полураспада 3,05 мин испускает альфа-частицу с энергией 6 МэВ, а затем превращается в Pb-214. Pb-214 с периодом полураспада 26,8 мин испускает бета-лучи и превращается в Bi-214. Bi-214 с периодом полураспада 19,8 мин после испускания бета-лучей превращается в Po-214. Po-214 с периодом полураспада

164 мкс после испускания альфа-излучения с энергией 7,69 МэВ превращается в Рb-210. Образующиеся при распаде радона металлы находятся в свободном состоянии, и взаимодействуют с нерадиоактивными аэрозолями, в результате появляются радиоактивные аэрозоли.

Поскольку радон имеет более длительный период полураспада, его риск для здоровья ниже, чем у его более короткоживущих дочерних элементов: Po-218, Рb-214, Bi-214, и Po-214. Po-214, дочерний элемент Bi-214, разлагается до Рb-210, который имеет относительно длительный период полураспада, составляющий 22,3 года, и выводится из легких перед значительным разложением. Именно по этой причине всеми ДПР после Рb²¹⁰ можно пренебречь.

Среди всех изотопов радона Rn²²² имеет наибольшую мощность излучения за счет наиболее длительного периода полураспада и поэтому находится в центре внимания. Поскольку радон представляет собой газ, его температура кипения и плавления составляет 211 К (-62 °С) и 202 К (-71 °С) соответственно. Радон – хорошо растворимый газ с объемом 230 см³/л растворимость в воде при 20 °С. При этом коэффициенты диффузии радона в воздухе и воде составляют $1,2 \cdot 10^{-5}$ и $1,2 \cdot 10^{-9}$ соответственно. Продуктом распада радона является альфа (α) частица. Эта радиоактивная частица имеет очень малый радиус действия и может быть блокирована кожей человека, но может быть вредной при попадании в организм, например, в дыхательные пути при вдыхании или через желудочно-кишечный тракт при приеме внутрь питьевой воды. Радон попадает в дыхательную систему при вдыхании радона и поступает в пищеварительную систему с питьевой водой как источник значительного радиологического облучения. Ионизирующие радиоактивные частицы повреждают ДНК живых организмов, вызывая серьезную опасность для здоровья.

Таким образом, можно выделить особенности радона [8]:

– газ является инертным, тяжелым и радиационно опасным;

- излучает α -частицы;
- продукты распада радона в основном металлы, являющиеся α -, β -, γ -излучателями;
- существует три природных изотопа радона;
- радон и ДПР способны облучать как внешнее, так и внутренне живой организм;
- радон выделяется в атмосферу из источника как за счёт диффузии, так и за счёт эффекта отдачи;
- радон обладает большой подвижностью, что затрудняет расчет активности радона и радия друг подругу;
- радона в атмосфере диффундирует в атомарном виде, а продукты его распада – в виде аэрозолей, что приводит к сдвигам равновесия между радоном и продуктами его распада;
- радон на живой организм действует как тяжёлый инертный газ и источник ИИ, и способен создавать высокую концентрацию радикалов и возбуждённых молекул.

1.2 Опасность радона

Ионизирующее излучение изотопов радона заметно увеличивает радиационный фон земли. Это один из наиболее распространенных источников радиации, на долю которого приходится около 50-55 % среднегодовой дозы, получаемой населением от фонового излучения.

Естественное облучение населения в целом можно разделить на две категории: внешнее и внутреннее облучение, вызванное присутствием источника излучения. Внешнее облучение в основном вызывают гамма-излучатели в окружающей среде, которые оказывают влияние на здоровье человека и создают угрозу для здоровья из-за сильного проникающего гамма-излучения. Радиоизотопы, содержащиеся в воздухе, и радиоизотопы,

содержащиеся в пищевых продуктах и питьевой воде, попадают в организм человека через вдыхаемый воздух и переваренную пищу, что приводит к внутреннему облучению.

Во многих странах воздействие короткоживущих продуктов радиоактивного распада химически инертного газа Rn^{222} в быту составляет около половины всего немедицинского облучения. Rn^{222} образуется естественным образом и является причиной примерно половины всего немедицинского облучения ИИ. Rn^{222} возникает естественным образом в результате распада U^{238} , который присутствует во всей земной коре. Период его полураспада составляет четыре дня, что позволяет ему рассеиваться через почву и воздух, прежде чем он распадется, испуская частицы в серию короткоживущих радиоактивных потомков. Два из них, Po^{218} и Po^{214} , также распадаются путем испускания частиц. При вдыхании радон в основном сразу же выдыхается. Однако его короткоживущие потомки, которые являются твердыми, имеют тенденцию оседать на эпителии бронхов, тем самым подвергая клетки облучению [4].

Загрязнение воздуха радоном происходит повсеместно. Концентрация радона низкая на открытом воздухе, но в помещениях он может накапливаться. Радон проникает в здания путем адвекции (расщелины и трещины) и диффузии. Продукты распада такого газа твердые, а в некоторых случаях альфа-излучающие, которые прилипают к мелкодисперсным частицам воздуха и попадают в легкие. Из-за того, что они твердые, они задерживаются в легочной ткани и действуют как внутренний источник излучения при распаде. Воздействие повышенной концентрации радона в течение длительного периода времени представляет собой серьезный риск для здоровья, поскольку продукты распада радона, оседающие в легких, испускают альфа-частицы, которые повреждают клетки эпителия бронхов. А причинно-следственная связь между воздействием радона в жилых помещениях и раком легких была доказана различными крупномасштабными эпидемиологическими исследованиями [8].

Согласно статье [6], после курения, вторая причина возникновения рака у людей – это воздействия радона. Также была выявлена закономерность смертности людей от рака легких, вызванного воздействием радона. В Великобритании ежегодно погибают 2500 человек от рака легких, в Голландии 1000, в США ежегодно 20 тыс. онкологических заболеваний инициируется радоном и продуктами его распада.

Шахтеры – группа рабочих, наиболее подверженных радоновой опасности. Причина – повышенное выделение газообразного радона из дробленого материала, плохая вентиляция или неэффективная организация вентиляции. Последствия такого воздействия наблюдались в течение длительного периода времени, а связь между воздействием радона и его дочерних продуктов и повышенной заболеваемостью раком легких подозревалась почти 100 лет.

Доза в дыхательных путях, вызванная дочерними продуктами радона, сильно зависит от распределения размеров аэрозоля, способа и частоты дыхания. Процессы физического осаждения связаны с такими механизмами, как сила инерции, седиментация и диффузия. Доза также зависит от способа дыхания и выше при дыхании через рот по сравнению с дыханием через нос при той же частоте дыхания.

Величина ППР с поверхности грунта согласно санитарным правилам ОСПОРБ-99 [9] является критерием оценки потенциальной радоноопасности территории в Российской Федерации. Согласно требованиям строительных норм [10], перед застройкой на территории необходимо провести ее контроль, то есть измерить средневзвешенное значение ППР с поверхности грунта. При превышении ППР $80 \text{ мБк} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ строительство на территории должно быть запрещено. Так же согласно [10], в зависимости от типа постройки будет варьироваться разрешенный уровень ППР. Например, ППР не должна превышать $40 \text{ мБк} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ для участков, выделенных для строительства дошкольных, общеобразовательных и лечебных учреждениях. Установленные

значения позволяют поддерживать на должном уровне среднегодовую эквивалентную равновесную объемную активность радона в воздухе жилого и общественного помещения, которая не должна превышать 100 Бк/м^3 [10].

Знание ППР и ППТ с поверхности строительных конструкций, позволит приблизительно спрогнозировать уровень радона и торона в воздухе зданий и оценить необходимую защиту. Значение ППР/ППТ зависят от содержания радия и тория, плотности, пористости материалов, эманулирующей способности и коэффициента диффузии.

1.3 Источники радона в помещении

Радон образуется при распаде урана и попадает в окружающую среду помещений, имеющую почву, подземные воды, атмосферу и строительные материалы в качестве источника эмиссии радона. Основная опасность для здоровья возникает из-за вдыхания токсичного воздуха внутри помещений и потребления загрязненной питьевой воды, поступающей из различных распределительных сетей, особенно подземных вод.

1.3.1 Подземные воды как источник радона

Содержание радия и радона в коренных породах выщелачивается в подземные воды, а концентрация радона в подземных водах будет выше, если коренные породы имеют гранитную природу. Когда грунтовые воды проходят через радиоактивные вещества в горных породах и почве, они поглощают радий, который затем закачивается в источники водоснабжения. Воздействие радона в помещениях в основном связано с водорастворимым радоном. Во многих исследованиях сообщается, что концентрация радона в подземных водах пропорциональна концентрации радона в почве и в меньшей степени зависит от других параметров воды [11].

Rn^{222} непрерывно поступает в подземные воды из пород земной коры и благодаря своей водорастворимости может преодолевать большие расстояния по почве с подземными водами. Растворимость радона уменьшается с повышением температуры. Поэтому концентрация радона в поверхностных водах ниже, чем в подземных. Радон относительно подвижен, поэтому может мигрировать в земной коре через подземные воды и в воздух поступает с загрязненной радоном водой. Хотя 70% поверхности Земли покрыто водой, только 0,3% можно использовать для питья и повседневного использования [11]. Подземные и поверхностные воды являются основным источником воды для населения. Из-за специфических химических свойств радона питьевая вода, подаваемая в дома из разных источников, может быть загрязнена Rn^{222} . Загрязненная радоном вода может привести к образованию радона в воздухе помещений в результате различных бытовых действий, которые впоследствии вдыхаются людьми.

1.3.2 Почва как источник радона

Земная кора по своей природе имеет уран, и его распад приводит к появлению в почве радия и радона. Эманация и выдох – два важных процесса поступления радона в окружающую среду из почвы. Выход атома радона из Ra^{226} содержащего зерна в поровые пространства называется эманацией радона. Эманация зерен почвы зависит от геофизических и геохимических параметров, а выброс зависит от гидрометеорологических параметров [6]. Радон попадает в дом путем адвекции и диффузии из недр почвы.

Разница в концентрации радона в окружающей среде и под почвой вызывает диффузию радона через почву. Размер пор, содержание воды и размер частиц среды влияют на скорость выделения радона. Выделение радона из почвы в окружающую среду внутри помещений зависит от различных факторов, таких как природа коренных пород, метеорологические параметры и т.д.

1.3.3 Содержание радона в строительных материалах

За счёт того, что плотность радиоактивных изотопов радона в 8 раз превосходит плотность воздуха, радон имеет свойство накапливаться в подвалах домов, горных выработках, пещерах, туннелях, глубоких ямах и т.п. Поэтому чаще всего наблюдается превышение ППР на первых этажах домов, следовательно, люди, проживающие на первых этажах, получают больше дозу облучения от радона.

Высокие концентрации естественных радионуклидов в строительных материалах могут привести к высоким мощностям доз внутри помещений как от внутреннего, так и от внешнего облучения. При расчете дозы основными представляющими интерес радионуклидами являются выдыхаемый радон и последующее внутреннее облучение. Другие радионуклиды уранового ряда, такие как свинец, испускающие фотоны низкой энергии, обычно не определяются, и делается предположение о радиоактивном равновесии. Вышеприведенное предположение редко проверяется в основном из-за трудностей γ -спектроскопического анализа фотонов низких энергий [14].

Строительные материалы являются одним из источников поступления радона в здание. В качестве строительного материала чаще всего используют кирпич, панель, дерево, шлак и т.д. Свою радиоактивность они приобретают за счет используемого сырья для их изготовления. Радиоактивность сырья для строительных материалов зависит от места расположения горных пород, глубины их залегания, вида. Если добыча материалов происходила вблизи урановых руд или радоновых источников, то изготовленный материал будет иметь высокое содержание радона [15].

Строительные материалы, произведенные из горных пород и отложений (глина, песок, гравий и грунты), содержат естественные радиоактивные элементы в самых разных концентрациях и могут представлять собой природные радиоактивные материалы. Естественная радиоактивность строительных

материалов вносит вклад в среднегодовую дозу облучения населения как в виде внешнего облучения, непосредственно исходящего от материала, так и внутреннего облучения, связанного с выдыхаемым радоном. Внешнее облучение определяется прямым гамма-излучением от внешних источников и может быть оценено по концентрациям активности радия (Ra^{226}), тория (Th^{232}) и калия (K^{40}). Внутреннее облучение строительными материалами обусловлено вдыханием газообразного радона, выделяющегося из пор и трещин в самом материале [16].

Повышенная радиоактивность в здании может быть обусловлена, тем что оно построено на территории с высокой концентрацией радия, или при строительстве использовался материал с высокой радиоактивностью.

Железобетонные плиты являются компонентами современных панельных зданий, представляющие из себя смесь щебня и песка, предварительно проверенных дозиметром, чтобы не было превышения радиоактивности. На крупных предприятиях по производству плит безопасность продукции контролируется и в качестве сырья используют добытый щебень из сертифицированных мест, поэтому железобетонные плиты имеют низкую радиоактивность [17].

Радиоактивность кирпича выше, чем у железобетонных плит. Кирпич представляет из себя изделие, изготовленное различными способами из глины, песка, извести, цемента, что обуславливает содержание в нем естественных радионуклидов. Также важное значение имеет пористость кирпича. Если среда более пористая, то имеет большее поровое пространство между зернами материала, что способствует более легкому течению газообразного радона [18]. Пористость кирпича варьируется от 6 до 10% [19].

Также необходимо отметить, что содержание радона в деревянных домах нередко оказывается выше, чем в кирпичных. Это объясняется тем, что деревянные дома, как правило, имеют меньшую этажность, чем кирпичные, и не

имеют подвальных помещений, следовательно, помещения находятся ближе к земле – основному источнику радона.

1.4 Меры против радона

Системы борьбы с радоном путем предотвращения для новых зданий и смягчения последствий для существующих зданий основаны на сочетании следующих трех различных принципов [11]:

- герметизация поверхностей, отделяющих жилое помещение от грунта, или нанесение радоновых барьеров или мембран с достаточно высоким сопротивлением диффузии радона и воздухо непроницаемостью под цокольным этажом здания;

- активная (с вентилятором) или пассивная (без вентилятора) разгерметизация почвы, которая дает комбинированный эффект вентиляции основания здания и выравнивания перепада давления между воздухом в помещении и окружающей почвой;

- вентиляция (сбалансированная) как занятых помещений (внутренний воздух), так и незанятых пространств, таких как вентилируемые подполья.

2. Методы измерения Радона

2.1 Характеристика методов измерения радона

В Российской Федерации потенциальная радоновая опасность участков под застройку определяется на основе значений плотности потока радона (ППР). Эти измерения должны быть проведены до начала строительства. Среднее значение РФД, не превышающее $80 \text{ мБк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$, свидетельствует об отсутствии радоновой опасности (Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ 99/2010, СП 2.6.1.2612-10) [17]. В первую очередь, все методы измерения плотности потока радона с поверхности грунта подразделяются на [21]:

– прямые методы измерения, заключающиеся в измерении накопленной активности в камере, установленной на поверхности грунта.

– косвенные методы измерения, основанные на расчетном способе, первоначально производится измерение одного из входных параметров модели, а затем происходит пересчет измеренной величины в ППР.

2.1.1 Прямые методы измерения

Прямые методы измерения ОА радона и торона, в зависимости от принципа работы детектора разделяют на: статические (активные) и динамические (пассивные) [21].

К динамической накопительной камере (НК) относят трековые, термолюминесцентные, электретные методы и методы с адсорбцией радона и торона на активированном угле. Эти методы не требуют использования источников электроэнергии во время регистрации (накопления) радона и торона. Адсорбционный метод, являющийся именно способом накопления газа, так же, как и аспирационный, относятся к методам накопления. К статической НК относят сцинтилляционный, полупроводниковый и ионизационный детекторы, в

которой измерения ОА радона и торона производятся по вторичному ИИ с использованием источников электроэнергии.

2.1.1.1 Динамические методы НК

Динамическими методами называют группу методов измерения объемной активности радона и торона, в которых детектор накапливает информацию о радоне и тороне пассивным способом, т.е. без использования источников электроэнергии. Последующее считывание накопленной детектором информации производят с привлечением электроприборов. Пассивные методы измерения объемной активности радона и торона включают [21]:

- Электростатический метод;
- Трековый метод;
- Термолюминесцентный метод;
- Метод адсорбции радона на активированном угле, используемый в сочетании со сцинтилляционным или полупроводниковым методами измерения.

Электретный детектор для измерения объемной активности радона представляет собой диск из предварительно заряженного тефлона (диэлектрика), закрепленный в специальной оправе. Электрет устанавливают в пробоотборную камеру, которая имеет на входе аэрозольный фильтр, предотвращающий попадание внутрь камеры радиоактивных аэрозолей. Принцип измерения электретами аналогичен принципу работы ионизационной камеры, поэтому камеры с электретами называют также электретные ионизационные камеры. Радон и торон в результате диффузии попадают через фильтр в пробоотборную камеру. Излучение, возникающее при распаде радона, торона и продуктов их распада ионизирует воздух внутри камеры, что приводит к понижению поверхностного заряда электрета. Изменение заряда электрета пропорционально объемной активности поступившего внутрь камеры радона и торона.

Трековый метод основан на характерном для большинства диэлектриков эффекте, заключающемся в том, что заряженная частица, двигаясь в диэлектрике, оставляет вдоль своей траектории зону стабильных структурных нарушений (латентные треки). Образованную зону структурных нарушений можно увеличить до размеров 10^{-4} – 10^{-2} см обработкой в подходящем химическом реагенте (водный раствор щелочи). Плотность треков определяется удельными ионизационными потерями энергии частицы в детекторе. Для каждого диэлектрика существует пороговое значение удельных ионизационных потерь энергии, ниже которого выявление трека невозможно. Это позволяет использовать диэлектрические трековые детекторы для регистрации тяжелых заряженных частиц на фоне рентгеновского излучения или электронов [22].

Существенное отличие при радиометрии радона имеет термолюминесцентный метод, имеющий 2 варианта исполнения. В первом варианте используют накопительную камеру для радона, внутри которой устанавливают ТЛД и металлическую пластину напротив детектора на небольшом расстоянии от него. На металлическую пластину подают отрицательный потенциал. Радон, поступающий внутрь камеры, распадается, положительно заряженные продукты распада радона оседают на металлической пластине и, таким образом, накапливаются. Излучение при распаде собранных на пластине продуктов распада регистрируется термолюминесцентным детектором. Длительность экспозиции составляет несколько суток, в зависимости от чувствительности детектора и уровня радона в исследуемой среде [21].

Второй вариант термолюминесцентного метода предназначен для измерения ОА ДПР радона и совмещен с аспирационным методом. Фильтр устанавливают в непосредственной близости к детектору. Через фильтр ведется непрерывная прокачка воздуха в течение для тельного периода времени, не менее 72 ч. Испускаемое аэрозольными продуктами распада, осажденными на фильтре, излучение регистрируется детектором в течение всего периода

экспозиции. Вид регистрируемого излучения зависит от типа используемого термолюминесцентного детектора. Процедура расшифровки результата измерения довольно сложная. Обычно используют одновременно два ТЛД. Вместо 101 ТЛД в описанном способе можно использовать трековые или электретные детекторы [21].

Измерение ОА радона и торона с помощью адсорбции на активированном угле является одним из наиболее распространенных интегрирующих методов регистрации радона. Этот метод основан на адсорбции радона и торона из воздуха на активированном угле и последующем анализе с помощью γ -спектрометра излучения продуктов распада радона и торона, находящихся в радиоактивном равновесии с материнскими нуклидам [23].

2.1.1.2 Статические методы НК

Статическую НК рисунок 1 относят к мгновенным (экспрессным), где определение объемной активности радона и торона осуществляют по дочерним продуктам их распада, активные методы используют в сочетании с электростатическим осаждением положительно заряженных ионов ДПР на детектор (обычно полупроводниковый и, реже, сцинтилляционный). Это, с одной стороны повышает чувствительность метода измерения, поскольку электростатическое осаждение увеличивает статистику, а с другой – снижает погрешность, связанную с расшифровкой спектра, поскольку детектор регистрирует α -излучение не всех радионуклидов, а только ионов, осевших на его поверхность [21].

Суть метода статической накопительной камеры (статический метод) заключается в увеличении концентрации радона внутри накопительной камеры, за счет потока радиоактивного газа из грунта или другого пористого материала. Зная время измерения, геометрические размеры НК, активность накоплению в НК можно оценить ППР не только с грунта, но и с любого другого материала.

В сцинтилляционном детекторе регистрации альфа-излучения радона и продуктов его распада обычно осуществляется следующим образом. Радон принудительно поступает внутрь камеры радиометра, внутренняя поверхность которой покрыта сульфидом цинка, активированного серебром – ZnS(Ag). α -излучение радона и продуктов его распада взаимодействует с веществом сцинтиллятора и вызывают световые вспышки, которые регистрируются фотоэлектронным умножителем. Измерения необходимо проводить после того как установится равновесие между радоном и его ДПР, тем самым можно получить более точные результаты. В зависимости от формы камеры будет изменяться чувствительность. Например, у цилиндрических камер чувствительность на 10 –15% ниже, чем у камер с формой усеченного конуса. Негативное влияние оказывает собственный фон сцинтиллятора, поэтому для уменьшения его необходимо верно выбрать материал, а также нанести слой ZnS(Ag), имеющего незначительные примеси радионуклидов [24].

Также довольно успешно для измерения радона используется полупроводниковый метод в сочетании с электростатическим. Основной принцип регистрации радона в этом сочетании основан на том, что 88% атомов ^{218}Po и ^{216}Po в конце своего пути за счет энергии отдачи, после вылета α - частицы при распаде ядер радона и торона, являются положительно заряженными и оставшиеся 12% – нейтральные. При помещении ионов ^{218}Po и ^{216}Po в электрическое поле они мигрируют вдоль силовых линий и собираются на поверхности детектирующего устройства. Эффективность сбора ионов может превышать 90% при напряженности электрического поля большей 200 В/см. Таким образом достигается электрофокусировка ионов полония на детектор в измерительной камере. Анализируемый воздух, содержащий радон, поступает принудительно внутрь измерительной камеры через аэрозольный фильтр, предназначенный для очистки контролируемого воздуха от дисперсной фазы аэрозолей и дочерних продуктов распада торона и радона [25].

Если рассматривать ионизационный метод, то он основан на преобразовании энергии ионизирующего излучения радона и продуктов его распада в ионизационный ток. Радон, находящийся в равновесии с ДПР, активностью $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк создает ток насыщения в ионизационной камере $2,07 \cdot 10^{-3}$ А [26].

После введения радона в камеру ионизационный ток возрастает за счет накопления ДПР. Примерно через 3 часа ионизационный ток прекращает увеличиваться, так как устанавливается радиоактивное равновесие радона с продуктами его распада. Необходимо проводить измерения после установления равновесия между радоном и его ДПР, чтобы минимизировать погрешность измерения ОА радона. У данного метода имеются такие недостатки как зависимость показаний от состава анализируемого воздуха, внешнего γ -фона, атмосферного давления. Также аппаратура, используемая в данном методе не должна подвергаться механическим воздействиям, так как удары или небольшая тряска могут привести к погрешности и неверным измерениям [26].

2.1.2 Косвенные методы измерения

Если необходимо проверить на радоноопасность большую территорию, и нет возможности провести непосредственные измерения, то тогда применяются находят косвенные методы. Рассмотрим три наиболее часто применяемых косвенных метода [21]:

В первом методе расчета ППР используется диффузионная модель переноса и закон Фика. Для выполнения расчетов понадобятся такие данные как: удельная активность ^{226}Ra (^{238}U , ^{232}Th), пористость, плотность грунта, коэффициенты эманирования и диффузии радона/торона.

Второй метод основан на вычислении ППР по измеренному градиенту объемной активности радона в почве и диффузионной модели переноса.

Третий вариант расчета ППР использует диффузионно-адвективную модели переноса по двум значениям объемной активности радона, измеренным на двух глубинах. Для данного метода нужно знать информацию о физико-геологических параметрах грунтов.

3 Экспериментальная часть

3.1 Радиометр Альфарад плюс

Исследование влияния объектов техносферы на радиационно-экологическое благополучие населения проводилось с использованием радиометра Альфарад плюс, представленного на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Радиометр Альфарад

С помощью оборудования измеряется ОА радона, схема проведения эксперимента показана на рисунке 3.2. Блок измерения радона, помпу (воздуходувку) и накопительную камеру соединяют между собой с помощью трубок. Камеру устанавливали на поверхность почвы в момент начала прокачки. Прокачку осуществляют с помощью помпы в течение 5 минут. Радон, выходящий из грунта, собирается в накопительную камеру объемом 0,36 литра и площадью сбора 0,014 м².

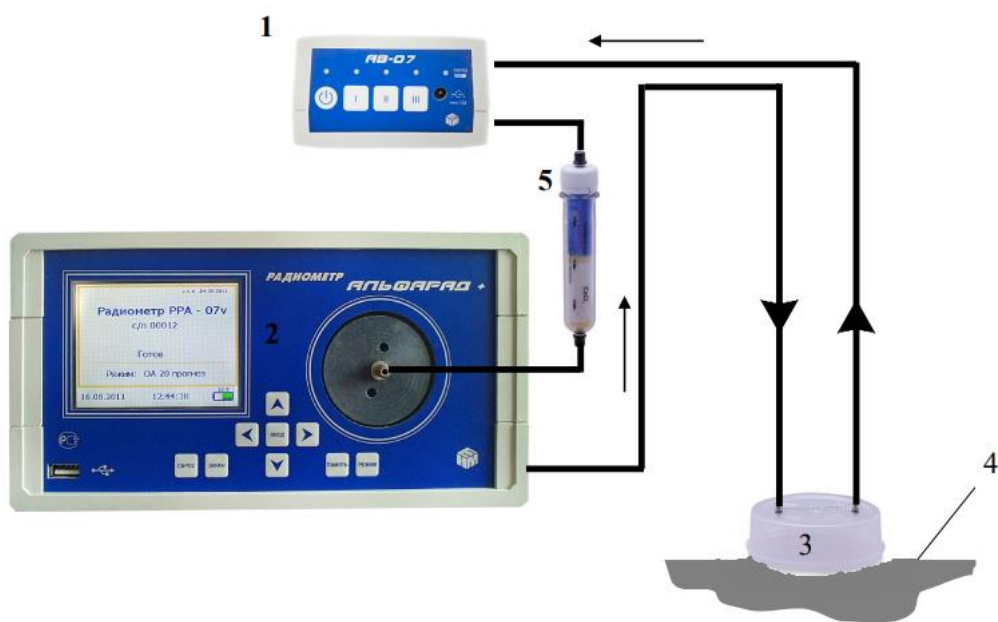


Рисунок 3.2 – Схема отбора пробы грунта:

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

Радиометр Альфарад работает на основе ППД. Принцип работы прибора заключается в подаче высокого напряжения на электрод измерительной камеры, в результате из отобранной пробы происходит электрическое осаждение положительно заряженных ионов полония-218 на поверхность ППД. По количеству зарегистрированных альфа-частиц распада полония-218 можно определить активность радона-222. При попадании на детектор альфа-частицы, образуются электрические импульсы, которые усиливают зарядочувствительным предусилителем. После их усиления, они поступают на вход амплитудно-цифрового преобразователя и далее обрабатываются микропроцессором. Пройдя, амплитудную селекцию, импульсы, соответствующие альфа-частицам от полония-218, регистрируются счетчиком микропроцессора и далее результаты в относительном и абсолютном виде выводятся на матричный жидкокристаллический дисплей. Эффект, обусловленного накоплением полония-218 на поверхность детектора, не влияет

на результаты последующих измерений из-за малых периодов полураспада полония-218 [27].

Результаты проведенного измерения выводятся на экран блока измерения. По окончании измерения выдается результат ОА радона рисунок 3.3.

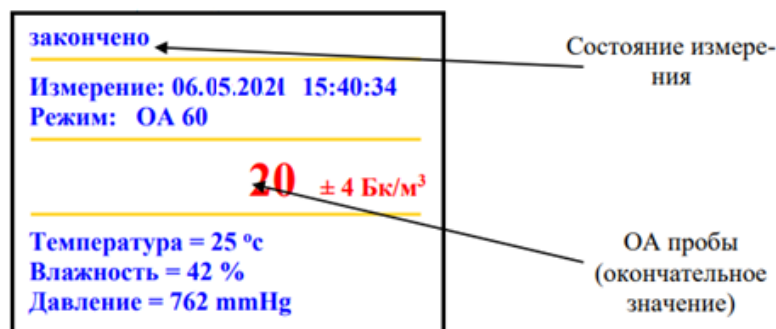


Рисунок 3.3 – Вывод полученных результатов на экран

Таблица 3.1 – характеристики блока измерения ОА [28]

Характеристики	Значение
ОА радона-222 в воздухе	от 1 до $2,0 \cdot 10^6$ Бк·м ⁻³
ОА радона-222 в почвенном воздухе	$1 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^6$ Бк·м ⁻³
ОА радона-222 в воде	6-800 Бк/л
ППР с поверхности грунта	$20 - 1 \cdot 10^3$ мБк/с·м ²
Уровень собственного фона блока измерения ОА	не более 0,3 Бк·м ⁻³
Допускаемая основная относительная погрешности:	
ОА радона-222 в воздухе	± 20 %
ОА радона-222 в пробах воды	± 30 %
ОА радона-222 в почвенном воздухе	± 30 %
ППР с поверхности грунта	± 30 %

3.2 Подготовка к проведению исследования

Для выявления зависимости суммарной объемной активности радона в атмосфере от типа застройки выбрано три района с разной плотностью застройки:

- с низкой плотностью застройки, преобладают малоэтажные здания;
- с высокой плотностью застройки, преобладают высотные здания;
- с высокой плотностью застройки и стеклянно-панельными зданиями.

В каждом районе проведен анализ, соответственно, которому определен строительный материал каждого здания, а также измерены площадь, высота, данные указаны в приложении (приложение Б, В). Эти данные необходимо определить для дальнейшей приблизительной оценки суммарной активности радона в атмосфере.

Перед тем, как производить измерения ОА радона в грунте, необходимо подготовить площадку. Подготовка включает в себя: очищение поверхности грунта от мусора, растительности, крупных камней, в месте установки камеры производится рыхление почвы на глубину 3-5 см. Накопительная камера устанавливается путем вдавливания краев камеры в почву, ее края присыпаются грунтом.

При измерении ОА радона в строительных материалах накопительную камеру устанавливают на высоте 1 м от грунта. С помощью резиновая заглушка, установленной к накопительной камере улучшают герметизацию, чтобы атмосферный воздух не попадал в НК.

Вычисление ППР, по результатам измерений выполняют по формуле [29]:

$$q = (Q - Q_0) \cdot \frac{V_2 + V_3}{t \cdot S}, \quad (3.1)$$

где Q – измеренное после перевода радона из НК в камеру радиометра значение ОА радона, Бк/м³;

Q_0 – измеренное до начала измерений (фоновое) значение ОА радона, Бк/м³;

V_2 – объем измерительной камеры РРА, л;

V_3 – свободный объем НК и соединительных трубок;

t – время, прошедшее от окончания отбора пробы до начала измерений, с;

λ – постоянная распада ²²²Rn, с⁻¹;

t – время работы воздуходувки ПОУ-04, с;

S – площадь основания НК, м².

Далее производится оценка суммарная активность радона в атмосфере от всех зданий и участков без жилых построек (поверхность земли):

$$\frac{dA(t)}{dt} = q \cdot S - A(t) \cdot \lambda_{Rn},$$
$$A(t) = \frac{q \cdot S}{\lambda_{Rn}}, \quad (3.2)$$

где A – суммарная активность радона в атмосфере, Бк;

q – плотность потока радона, мБк $\text{м}^{-2} \text{с}^{-1}$;

S – площадь территории, м^2 ;

λ_{Rn} – постоянная распада, с^{-1} .

Результаты проведенного исследования представлены в разделе 4.

4 Результаты исследования

4.1 Территория с низкой плотностью застройки

Первым объектом для оценки суммарной активности района выбрана территория с низкой плотностью застройки 27,4% (рисунок 3.1), характеристики зданий, расположенных в данной местности представлены в приложении Б.

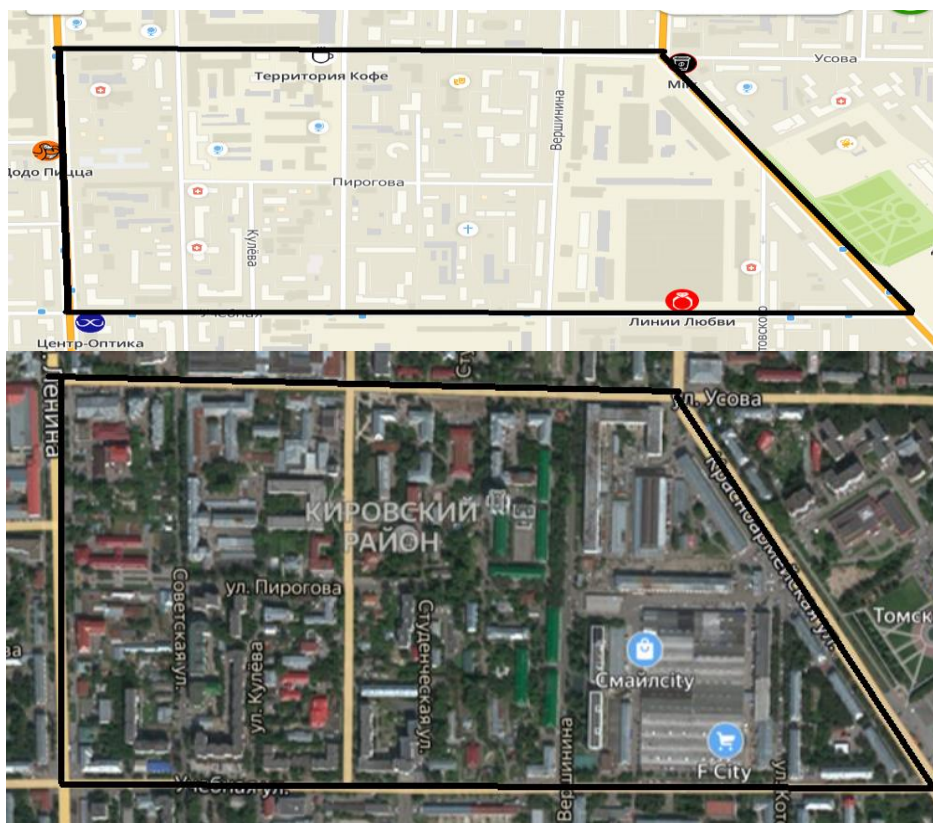


Рисунок 3.1 – Измеряемая территория

На основе полученных данных в таблице Б.1 проведен анализ (рисунок 3.2) распределения многоэтажных и малоэтажных зданий на измеряемой территории, в ходе которого выявлено, что малоэтажные здания преобладают 81,7%.

Результаты накопленной объемной активности района в НК представлены в таблице 3.1, на основе полученных значений вычислены значения ППР для различных материалов по формуле 2.1 (таблица 3.2).



Рисунок 4.2 – Распределение многоэтажных и малоэтажных зданий

Таблица 4.1 – Накопленная в накопительной камере объемная активность радона для различных материалов

Параметр	кирпич	дерево	асфальт	грунт	фон
Объемная активность в НК (Q), Бк/м ³	71±24	25±17	20±16	155±46	19±13

Таблица 4.2 – Значения ППР для строительных материалов

Параметр	кирпич	дерево	асфальт	грунт
ППР (q), мБк·м ⁻² ·с ⁻¹	9±3,0	1,9±1,3	0	33±13

Значение ППР для зданий из кирпича и дерева соответственно 9 и 1,9 мБк м⁻² с⁻¹, а для грунта 33 мБк м⁻² с⁻¹, так как часть территории грунта асфальтирована 6,7 %, то необходимо учесть ППР асфальта, выход радона из асфальта равен нулю, в следствии покрытия верхнего слоя битумом, представляющее плотное и вязкое вещество, напоминающее по своей консистенции смолу. Битум перекрывает трещины в асфальте и препятствует выходу радона. В таблице 4.3, представлены расчеты суммарной концентрации радона в атмосфере по формуле 3.2.

Таблица 4.3 – Суммарная объемная активность радона в атмосфере

Объект исследования	S, м ²	S,%	A, Бк,	A,%
грунт	428704	47,9	$6,7 \cdot 10^9$	80
асфальт	30786	3,4	0	–
здания из дерева	17427	1,9	$1,6 \cdot 10^7$	20
здания из кирпича	418169	46,7	$1,7 \cdot 10^9$	
Общая площадь эманлирующей поверхности, м ²	864300			

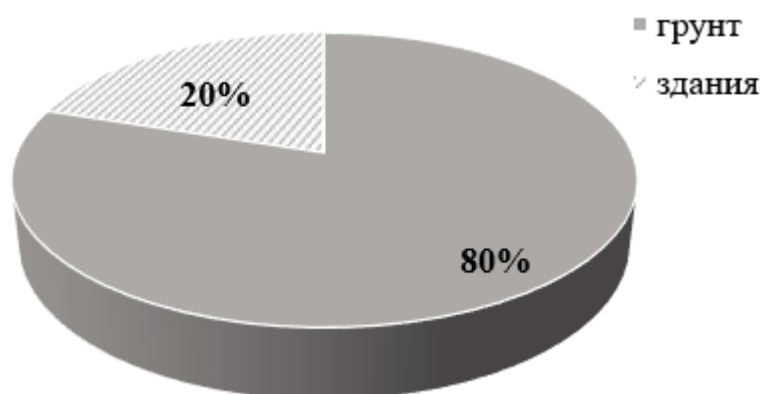


Рисунок 4.3 – Вклад грунта, зданий в суммарную активность в атмосфере

Таким образом, из предварительных расчетов (таблица 4.3) видим, что концентрация радона в атмосфере от грунта преобладает и составляет 80%, а от зданий 20%. При увеличении заасфальтированной территории и количества многоэтажных домов, вклад суммарной активности радона в атмосферу от строительного материала будет сопоставим с грунтом. Для проверки гипотезы выберем плотно застроенную местность с 17-ти этажными зданиями.

4.2 Территория с высокой плотностью застройки

Второй этап исследовательской работы заключается в исследовании территории с высокой плотностью застройки (82,8% занимают жилые постройки и асфальт) представленная на рисунке 4.4.



Рисунок 4.4 – Измеряемая территория

На данной территории построены многоэтажные панельные, кирпичные типовые здания, для которых ППР соответственно имеют значения 5 и 6 мБк·м⁻²·с⁻¹. Среднее значение ППР в грунте 25 мБк·м⁻²·с⁻¹. Характеристики зданий, такие как: высота, площадь и строительный материал приведены в таблице В.1 (приложение В). Вычисленные значения суммарной объемной активности радона в атмосфере представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Суммарная объемная активность радона в атмосфере

Объект исследования	S, м ²	S,%	A, Бк	A,%
грунт	28354,1	9,6	4,2·10 ⁸	48
асфальт	113416,3	38,6	0	—
панельные здания	118611,2	40,3	3,4·10 ⁸	52
Кирпичные здания	33323,2	11,3	1·10 ⁸	
Общая площадь эманулирующей поверхности, м ²	180389,2			

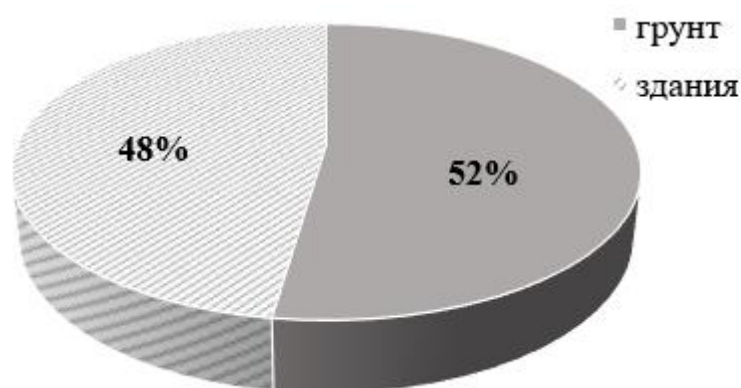


Рисунок 4.5 – Вклад грунта, зданий в суммарную активность в атмосфере

Таким образом, большая часть рассматриваемой территории заасфальтирована 80%, следовательно, вклад грунта в суммарную объемную активность района уменьшился и сопоставим с многоэтажные панельные дома.

4.3 Города с современной застройкой

В настоящее время всё более популярными становятся проекты стеклянных домов, выдержанные в скандинавском стиле рисунок 3.6.

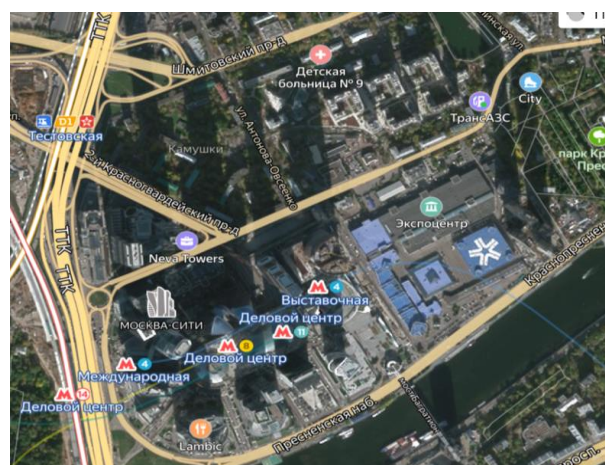


Рисунок 4.6 – Здание будущего

Предположено что район застроен стеклянно-панельными многоэтажными зданиями, где большая часть грунта заасфальтирована.

Значение ППР среднее для грунта $29 \text{ мБк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ для панельных домов $5 \text{ мБк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ и Результаты моделирования представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Суммарная объемная активность радона на плотно застроенной территории, преимущественно с панельно-стеклянными домами

Объект исследования	S, м ²	S, %	A, Бк	A, %
грунт	20199,6	2,3	$3\cdot 10^8$	39
асфальт	80798,4	9,4	0	–
панельная часть здания	229482	26,7	$5\cdot 10^8$	61
стеклянная часть здания	530145	61,6	0	–
Общая площадь эманлирующей поверхности, м ²	249681,6			

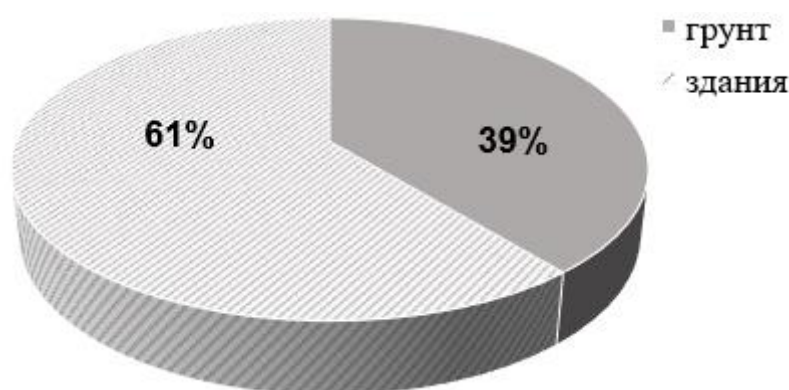


Рисунок 4.7 – Вклад грунта, зданий в суммарную активность радона в атмосфере

Из полученной диаграммы (рисунок 4.7) наблюдаем, что в городах современной застройки наибольший вклад в суммарную активность радона в атмосфере вносят здания. Данное явление объясняется тем, что строительство стеклянных зданий и покрытия большей части грунта асфальтом, уменьшает суммарную активность радона в атмосфере, и как следствие, малые дозы радиации.

4.4 Территория без построек (поле)

На территории г. Томск выбран участок без жилых построек (поле) для оценки концентрации радона в атмосфере. В ходе измерений ППР в грунте составило $44 \text{ мБк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. Рассчитанная по формуле 3.2 суммарная активность радона в атмосфере от грунта составила $3,4\cdot 10^9 \text{ Бк}$.

Произведено сравнение концентрации радона в атмосфере для районов с разной плотностью застройки и территории без техносферных объектов рисунок 4.8.

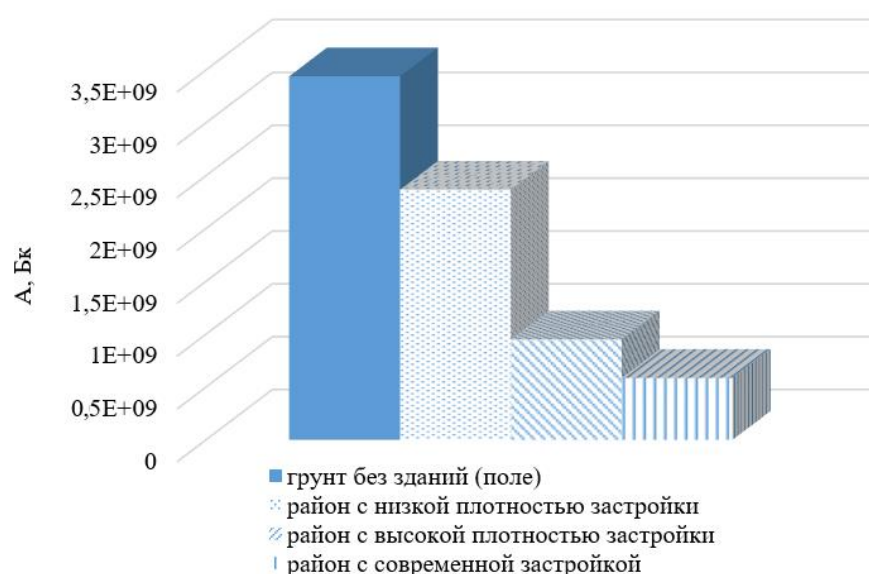


Рисунок 4.8 – Сравнение суммарной активности радона в атмосфере для районов с разной застройкой

Из диаграммы следует, что строительство техносферных объектов способствует уменьшению концентрации радона в атмосфере.

4.5 Оценка эффективной дозы облучения населения за счет Радона

Радон поступает в организм человека при вдыхании воздуха, в результате часть ДПР радона откладываются в легких, а часть удаляется защитными силами организма.

Для оценки облучения населения от техносферных объектов произведены измерения суммарной ОА радона в воздухе помещений представлены в таблице 4.6. Повышенное значение концентрации радона на первых этажах типовых зданий обусловлено менее однородным поступлением радона. Для этих помещений можно предположить существенный вклад конвективного поступления радона из подвальных помещений. На втором и третьем этажах уровни радона приблизительно одинаковы и можно ожидать такой же уровень радона на этажах выше деревянных, панельных и кирпичных домов.

Таблица 4.6 – Зависимость ОА радона в квартирных зданиях от типа здания и уровня этажа.

Этаж	Среднее арифметическое значение ОА, Бк/м ³		
	Деревянный дом	Панельный дом	Кирпичный дом
первый этаж	66±23	43±19	54±21
второй этаж	24±12	38±16	42±17
третий этаж	23±15	35±14	45±19

Оценки доз облучения населения производят в соответствии с рекомендациями МКРЗ, с учетом данных о средней вероятности нахождения людей в жилых, служебных и общественных помещениях, а также на открытом воздухе с учетом суточных вариаций ОА радона и его ДПР в воздухе и суточной вариации скорости дыхания.

Среднегодовая эффективная доза облучения определяется по формуле [30]:

$$E = 6,1 \cdot 10^{-2} \cdot A$$

где E – среднегодовая эффективная эквивалентная доза облучения, формирующаяся при вдыхании радона и его ДПР, мЗв;

A – средняя объемная активность радона в воздухе, Бк/м³.

Результаты оценок среднегодовой эффективной эквивалентной дозы облучения, формирующейся при вдыхании радона и его ДПР, проведенных в

работе для населения г. Томска, проживающего в зданиях разного типа, представлены в таблице 3.7.

Наибольшую дозу получает население, проживающее на первых этажах деревянных домов 4,026 мЗв/год.

Таблица 4.7 – Результаты оценки среднегодовой эффективной дозы облучения

Тип постройки	этаж	ОА радона, Бк/м ³	Доза/год на человека (мЗв)	Доза за время жизни человека/чел. (мЗв)	Случаи рака легких в год на 10 ⁶ человек
Деревянный дом	первый этаж	66±23	4,026	241,56	72,5
	второй и выше этаж	24±12	1,4	24	7,2
Панельный дом	первый этаж	43±19	2,62	43,8	47,2
	второй и выше этаж	38±16	2,31	38,4	41,7
Кирпичный дом	первый этаж	54±21	3,3	55,2	59,3
	второй и выше этаж	42±17	2,56	42,8	46,1

Измерения ОА радона в атмосферном воздухе произведены на трех ранее рассмотренных территориях в г. Томске с использованием радиометра Альфарад. Значения ОА радона лежат в диапазоне от 17 до 27 Бк/м³ в зависимости от района измерения.

Таблица 4.8 – Значение ОА радона в атмосферном воздухе для районов разной плотности застройки

Тип территории	Среднее арифметическое значение ОА в атмосфере, Бк/м ³
Территория без построек	27±11
Территория с низкой плотностью застройки	19±10
Территория с высокой плотностью застройки	10±4

Доза дополнительного облучения, обусловленная эксхалацией радона из почвы, составила для территории без построек 0,38 мЗв/г, для района с низкой плотностью застройки 0,26 мЗв/г, а для более застроенной территории 0,14 мЗв/г. Эти оценки показывают, что ДПР, находящиеся в воздухе жилых помещений, являются основным источником облучения населения. При этом большая часть дозы от дочерних продуктов изотопов реализуется в легочной ткани, но наибольшему облучению подвергаются пульмональная и трахеобронхиальная части легочной ткани.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

На сегодняшний день необходимым является проведение всестороннего анализа любого разрабатываемого продукта. Соответственно, данная процедура необходима при планировании научно-технических исследований в различных областях, имеющих практическое применение и перспективу коммерциализации. Целесообразность проведения работ может быть обоснована путем анализа аналогов рассматриваемой разработки, составления структуры работ и планирования их графика, расчета бюджета и сравнительного анализа.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации. В данном разделе будут оцениваться полные денежные затраты необходимые для исследования уровня радона в городской среде радиометром Альфарад. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- провести анализ конкурентных решений;
- выполнить SWOT-анализ;
- проработать основные элементы планирования управления проектом;
- определить сравнительную эффективность разработки.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В силу свойства постоянной изменчивости и динамичности условий рынка и текущего состояния научно-технической повестки в целевой области, необходим сравнительный анализ конкурентных разрабатываемому проекту

технических решений. Это позволит определить ценность рассматриваемой разработки, а также обеспечит возможность произвести коррекцию концепции разработки для повышения эффективности проекта.

Рассматриваемым проектом является оценка вклада зданий в суммарный уровень радона в приземной атмосфере радиометром Альфарад, с целью решения проблем малых доз радиации. Ценность данного подхода заключается в возможности проведения многочисленных экспериментов за короткий временной промежуток, экономии ресурсов и материалов, а также других положительных характеристиках.

Радиометр Альфарад с помощью, которого производится радиационный контроль территории соответствует таким критериям, как:

- достоверность результатов экспериментов, то есть установка позволяет определить наличие радона в строительном материале с высокой точностью;
- простота в эксплуатации, для проведения контроля достаточно знать принцип работы установки;
- простота конструкции и ремонтпригодности, возможно заменить функциональные элементы в оборудовании;
- быстрота проведения эксперимента, измерения производятся за небольшой промежуток времени;
- безопасность, отсутствие дозовой нагрузки на персонал;
- экологичность, не имеется вредного воздействия на окружающую среду;
- компактность, небольшие размеры оборудования позволяют использовать его без аренды дополнительного помещения и имеется возможность транспортабельности установки;

Основные конкурентно технические решения, противопоставляемые рассматриваемому – AlphaGUARD, основанный на ионизационном методе и РГА-01, основанный на сцинтилляционном методе.

Сравнительный анализ этих решений может быть проведен с помощью оценочной карты, представленной в таблице. Оценочная карта позволяет сравнить конкурентные решения по выбранным критериям. Для сравнения каждый критерий оценивается по шкале от 1 до 5, где минимальное значение соответствует наихудшему значению критерия, а максимальная – наилучшему.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i,$$

Где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 5.1– Оценочная карта сравнения конкурентных разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_f	B_{k1}	B_{k2}	K_f	K_{k1}	K_{k2}
1. Достоверность результатов экспериментов	0,25	4	4	4	1	1	1
2. Простота эксплуатации	0,1	5	5	2	0,5	0,5	0,2
3. Автоматическое измерение	0,05	1	3	4	0,05	0,15	0,2
4. Простота конструкции и ремонтпригодность	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
5. Экологичность	0,05	5	5	5	0,25	0,2	0,15
6. Быстрота проведения эксперимента	0,1	4	2	3	0,4	0,2	0,3
7. Чувствительность к фону	0,1	5	4	1	0,75	0,6	0,15
8. Безопасность	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
9. Компактность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
10. Чувствительность к механическим воздействиям	0,1	5	5	1	0,5	0,5	0,1
Сумма	1	44	41	34	4,7	4,2	3,55

Анализируя представленную таблицу 5.1, можно сделать вывод о превосходстве в выдвинутых критериях разрабатываемого технологического решения над конкурентными аналогами. Ведь главными недостатками ионизационного метода является зависимость показаний от внешнего γ -фона, так же чувствительность к механическим воздействиям: ударам, тряске.

Недостатком метода измерения накопленной внутри НК активности радона радиометром AlphaGUARD, является то, что требуется определенное время для восстановления фонового уровня внутри ионизационной камеры после измерений больших концентраций радона.

5.1.2 SWOT-анализ

Одним из методов анализа разрабатываемых проектов является SWOT-анализ, который наглядно отражает сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы рассматриваемого решения. Рассмотрим далее эти характеристики искомого решения, а затем приведем стратегии при их сопоставлении.

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону проекта. Для данного проекта это: отсутствие информации о влиянии малых доз радиации на человека, которые могут быть исследованы радиометром Альфарад, обеспечивающим высокую точность, безопасность, экологичность измерений. Также важным преимуществом данного прибора является его портативность, что позволяет проводить измерения в любой точке города.

Слабые стороны – это недостатки, упущения или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Для данного проекта это: трудность в обеспечении герметичного контакта прибора и объекта исследования.

Возможности – любые предположительные обстоятельства, которые позволяют улучшить конкурентную позицию проекта. Для данного проекта это возможность на основе результатов эксперимента разработать методику по защите населения от радиации. Также в дальнейшем можно использовать радиометр при отборе сырья для строительства.

Угрозы – любые предположительные обстоятельства, которые могут ухудшить конкурентную позицию проекта. Для данного проекта это угроза, не знания людей, что техносферные объекты приносят малые дозы радиации, которые могут негативно повлиять на здоровья населения.

Теперь рассмотрим стратегии проекта на пересечении областей SWOT-матрицы.

Сочетание возможностей и сильных сторон. При необходимости применить радиометр Альфарад можно не только в атомной промышленности для обеспечения радиационной безопасности, контроля малых доз радиации, но и в строительной деятельности для предварительного контроля уровня радона в сырье используемом для стройматериала.

Сочетание возможностей и слабых сторон. Такие недостатки как плохая герметичность соединения прибора и измеряемой поверхности и нехватка заряда аккумуляторов легко устраняются. Для увеличения времени проведения измерений достаточно приобрести дополнительный аккумулятор или сделать его из подручных средств. Герметичность измерений возможно обеспечить, используя, например, резинку, которую нанесем на накопительную камеру. Устранив недочеты прибора, будет повышена точность измерений и их длительность, что дает возможность использовать полученные результаты измерений для сотрудничества с международными организациями в области атомной энергетики, с целью обеспечения благоприятной радиационно-экологической обстановки населения. Также дает возможность использовать в строительной промышленности, при отборе сырья для стройматериалов.

Сочетание угроз и сильных сторон. Возможность замены функциональных элементов оборудования, компактность, точность, экологичность, простота использования, привлекут представителей строительной отрасли к исследованию сырья на радон именно радиометром Альфарад. Представители атомной отрасли будет заинтересованы в полученных

результатах о содержании радона в объектах техносферы и способах уменьшения радиационной опасности для населения.

Сочетание угроз и слабых сторон. Участвуя в семинарах и круглых столах, представляя результаты измерения радона в атмосфере, будет показана и доказана точность, экологичность, безопасность и быстрота измерения данным прибором. Также публикуя статьи с результатами измерений будет доказана необходимость защиты населения от малых доз радиации.

Данные параметры и стратегии для пересечений приведены в таблице 5.2 в виде SWOT-матрицы.

Таблица 5.2 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны проекта: С1 – заявленная надежность и точность С2 – экологичность и безопасность С3 – доступность оборудования С4 – возможность замены функциональных элементов в оборудовании С5 – выявление радиационно опасного строительного материала</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1 – трудность в обеспечении хорошего контакта между прибором и измеряемой поверхностью Сл2 – при большом числе экспериментов необходимо дополнительное электропитание радиометра Сл3 – невозможность проверить на содержание радона все техносферные объекты на рассматриваемой территории</p>
<p>Возможности проекта: В1 – сотрудничество с международными организациями в области атомной энергетики В2 – использование методики измерения в строительных организациях, для проверки пригодности сырья</p>	<p>В1С1С2С4 – использование разработки в других областях промышленности. В2С1С2С3 – позволит уменьшить малые дозы радиации, воздействующие на население</p>	<p>В1Сл1Сл2 – доработка прибора для обеспечения достоверных результатов и возможности проведения длительных экспериментов В2Сл4 – изобретение методики, позволяющей получить более достоверные результаты о суммарной активности радона в атмосфере.</p>
<p>Угрозы проекта: У1 – отсутствие спроса на радиационный контроль строительных материалов; У2 – развитая конкуренция технологий исследования материалов У3 – мнения, что малые дозы радиации не несут опасности для населения</p>	<p>У2С5 – упор на модернизацию и повышение эффективности радиометра и метода вычисления суммарной активности радона в атмосфере У1С1С2 – подтверждение соответствия надежности, точности, экологичности оборудования У3С5 – участия в семинарах о влияниях техносферных объектов на человека</p>	<p>У2У3Сл3 – участие в семинарах и круглых столах по вопросам защиты населения от малых доз радиации. У1Сл1Сл2 – ремонтпригодность и доступность оборудования для радиометра Альфарад, позволит увеличить аккумулятор устройства и разработать деталь для улучшения контакта между прибором и измеряемой поверхностью У3Сл3Сл1 – публикация статей с результатами измерений</p>

5.2 Планирование управления проектом

5.2.1 Цель и задачи подраздела

Цель данного подраздела заключается в проработке и планировании необходимых и достаточных элементов управления проектом. Для этого необходимо выполнить следующие задачи:

- определить участников работ;
- синтезировать структуру работ проекта;
- определить время выполнения работ;
- составить график выполнения работ в виде диаграммы Ганта;
- рассчитать бюджет проекта.

5.2.2 Участники, структура и график работ проекта

В ходе реализации данного проекта можно выделить двух участников и две должностные роли с различными функциями. В проведении работ участвуют научный руководитель и студент-магистр, которым соответствуют должность руководителя проекта и инженера-исполнителя проекта. Функция руководителя заключается в постановке задачи и элементов структуры работ, консультациях, сопровождении проекта и оценке результатов. Функция инженера-исполнителя заключается в проведении всех запланированных работ и оценке результатов.

Процедура планирования проекта включает в себя проработку структуры работ проекта, определение даты начала и продолжительности каждой из работ. Был составлен перечень работ с учетом лиц, проводящих эти работы. Также была определена длительность каждого этапа работ. По итогам был получен календарный план проекта, представленный в виде таблицы 5.3.

Таблица 5.3 – Календарный план проекта

Коды работ	Наименования работ	T_k , кал. дни	Начало	Конец	Исполнитель
1	Составление и утверждение задания и плана работ	5	14.03.22	19.03.22	Руководитель
2	Подбор литературы	6	19.03.22	25.03.22	Инженер
3	Изучение принципа работы прибора	5	25.03.22	30.03.22	Инженер
4	Выбор трех территорий с разной плотностью застройки	5	30.03.22	04.04.22	Инженер
		5	30.03.22	04.04.22	Руководитель
5	Измерение площади и высоты всех зданий на рассматриваемых территориях	15	04.04.22	19.04.22	Инженер
6	Определение стройматериала зданий	15	19.04.22	04.05.22	Инженер
7	Измерение объемной активности радона в техносферных объектах	11	04.05.22	15.05.22	Инженер
8	Проведение расчетов	10	15.05.22	25.05.22	Инженер
9	Оформление работы	7	25.05.22	01.06.22	Инженер
10	Согласование выполненной работы с НР	5	01.06.22	07.06.22	Инженер
		5	01.06.22	07.06.22	Руководитель

Таким образом, суммарная продолжительность работ инженера составляет 78 рабочих дней, а суммарная продолжительность работ руководителя составляет 15 рабочих дней.

Как правило на практике для наглядного представления плана пользуются диаграммой Ганта – отображением плана, в котором длительность проведения работ отражается протяженными во времени отрезками. Для иллюстрации календарного плана проекта была составлена диаграмма Ганта, рисунок 5.1.

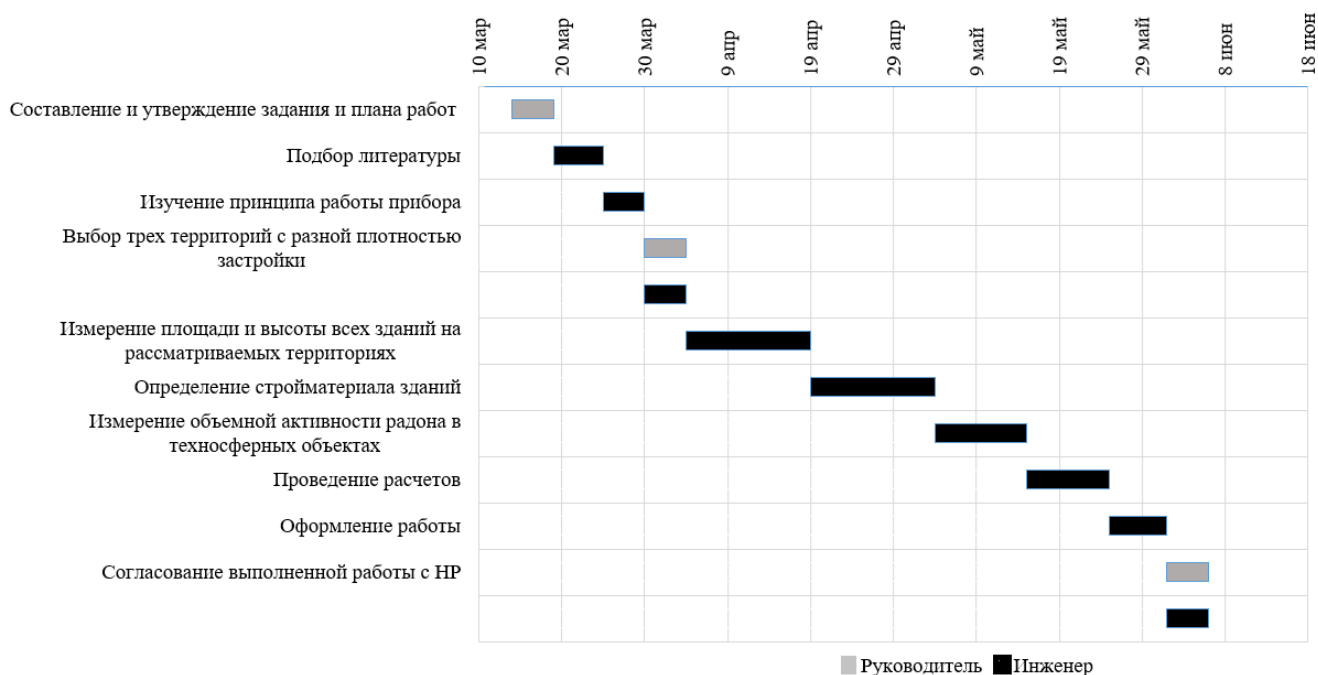


Рисунок 5.1 – Диаграмма Ганта

5.2.3 Бюджет проекта

5.2.3.1 Сырье, материалы, покупные изделия

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Планирование бюджета должно отражать все необходимые для проведения работ проекта расходы.

Расчет материальных затрат производится в соответствии с ценами закупок. При расчете необходимо учесть транспортно-заготовительные расходы (в настоящем расчете принимаются равными 5%). В таблице 4.4 представлены результаты расчета расходов.

Таблица 5.4– Расходы на покупные изделия

Наименование	Количество, ед.	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Аккумулятор	1	5000	5000
Бумага	150	1	150
Скотч	1	60	60
Ручка	1	80	80

Продолжение таблицы 5.4

Тетрадь 30 листов	1	40	40
Печать на листе А4	150	3	450
Всего за материалы			5720
Транспортно-заготовительные расходы 5%			286
Итого			6006

5.2.3.2 Специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Для проведения эксперимента было использовано оборудование (таблица 5.5), имеющееся на кафедре.

Таблица 5.5 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Радиометр Альфарад	1	10	225	225

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{251} \cdot T_{об\bar{i}},$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

$T_{об\bar{i}}$ – время использования оборудования, дни.

Рассчитаем амортизацию для радиометра Альфарад, с учётом, что срок полезного использования 10 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{10} = 0,1.$$

Находим общую сумму амортизационных отчислений:

Для радиометра Альфарад, использованного в течение 11 дней:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{251} \cdot T_{\text{об}} = \frac{0,1 \cdot 225000}{251} \cdot 11 = 986,05 \text{ руб.}$$

5.2.3.3 Основная заработная плата

Помимо приведенного выше расчета также необходимо вычислить расходы на основную заработную плату. Данная категория расходов определяется исходя из действующей системы оплаты труда сотрудников ТПУ на основании законодательства РФ и трудоемкости выполняемых работ.

Руководитель проекта имеет должность профессора и степень доктора технических наук. Согласно внутренним правилам установления должностных окладов для участников проекта устанавливаются оклады без учета РК, представленные в таблице 5.6:

Таблица 5.6 – Оклады участников проекта

Должность	Месячный оклад, руб.
Инженер-исполнитель	23800
Руководитель проекта	52700

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, студента) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

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

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

Таблица 5.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	67	118
Потери рабочего времени на отпуск	56	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	242	223

Необходимо произвести расчет месячной зарплаты работника в соответствии с окладом, премиальным коэффициентом ($k_{\text{пр}}=0,3$), коэффициентом доплат ($k_{\text{доп}}=0,2$) и Томским районным коэффициентом ($k_{\text{р}}=1,3$).

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где $Z_{\text{б}}$ – оклад.

В соответствии с представленными формулами может быть рассчитана основная заработная плата работников проекта. Результаты расчетов представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8–Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	T _{раб} , руб.	З _{осн} , руб.
Руководитель	52700	0,3	0,2	1,3	102765	4416,35	15	66245,2
Инженер	23800	0,3	0,2	1,3	46410	2330,9	78	181810,65
Итого:								248055,85

5.2.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

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

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 4.7.

Таблица 5.9 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	k _{доп}	З _{осн}	З _{доп}
Научный руководитель	0,12	66245,2	7949,42
Инженер		181810,65	21817,27
Итого			29766,69

5.2.3.5 Отчисления на социальные нужды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

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

Таблица 5.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	66245,2	181810,65
Дополнительная заработная плата, руб.	7949,42	21817,27
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Сумма отчислений	22258,38	61088,37
Итого	83346,75	

5.2.3.6 Накладные расходы

В бюджете проекта отдельного учета требуют накладные расходы. Эта статья учитывает затраты на управление и хозяйственное обслуживание, а также эксплуатацию оборудования. Накладные расходы принимаются равными 20% ($k_{накл}=0,2$) от суммарной основной заработной платы работников и могут быть вычислены по формуле:

$$C_{накл} = k_{накл} \cdot \sum З_{осн},$$

где $C_{накл}$ – суммарные накладные расходы, руб.

Таким образом суммарные накладные расходы равны:

$$C_{накл} = 0,2 \cdot (66245,2 + 181810,65) = 49611,17 \text{руб.}$$

По итогам проработки данного подраздела может быть запланирован суммарный бюджет проекта, который может быть представлен в виде таблицы 5.11.

Таблица 5.11 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	6006
2. Затраты на амортизацию оборудования.	986,05
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	248055,85
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	29766,69
5. Отчисления во внебюджетные фонды	83346,75
6. Накладные расходы	49611,17
Бюджет затрат НТИ	417772,51

5.3 Определение ресурсоэффективности, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

5.3.1 Интегральный показатель финансовой эффективности проекта

При анализе проекта в числе прочего проводится определение эффективности производимого научного исследования и его результатов. Определение финансовой, ресурсной и общей эффективности проекта необходимо для доказательства его ценности. Для определения эффективности в данном разделе используются сравнительные (интегральные) показатели, так как они являются подходящим для специфики продукта инструментом и позволяют наглядно отразить относительную ценность работы.

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

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

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

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

В качестве вариантов исследования радона в строительных материалах выбраны ближайšie аналоги радиометра Альфарад, такие как AlphaGUARD, РГА-01 и соответственно рассчитан интегральный финансовый показатель для каждого метода:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_1}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{417772,51}{700000} = 0,59$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_2}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{450000}{700000} = 0,64$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_3}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{470000}{700000} = 0,67$$

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

Таким образом, финансовая эффективность разрабатываемого проекта выше, чем у конкурентных решений.

5.3.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

В данном разделе необходимо произвести оценку ресурсоэффективности проекта, определяемую посредством расчета интегрального критерия, по следующей формуле:

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

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 5.12).

Таблица 5.12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.1	Исп.1
1. Достоверность результатов экспериментов	0,25	4	4	4
2. Простота эксплуатации	0,1	5	5	2
3. Автоматическое измерение	0,05	1	3	4
4. Простота конструкции и ремонтпригодность	0,1	5	3	4
5. Экологичность	0,05	5	5	5
6. Быстрота проведения эксперимента	0,1	4	2	3
7. Чувствительность к фону	0,1	5	4	1
8. Безопасность	0,05	5	5	5
9. Компактность	0,1	5	5	4
10. Чувствительность к механическим воздействиям	0,1	5	5	1
ИТОГО	1	44	41	34

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 1 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 4,7$$

$$I_{p2} = 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,05 \cdot 5 + 0,1 \cdot 2 + 0,1 \cdot 4 + 0,05 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 4,2$$

$$I_{p3} = 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 2 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,05 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 1 + 0,05 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 1 = 3,55$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{р-исп.1}}{I_{финр}^{исп.1}},$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблицу 5.13) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Таблица 5.13 – Эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,59	0,64	0,67
2	Интегральный показатель ресурсоэффективной разработки	4,7	4,2	3,55
3	Интегральный показатель эффективности	7,9	6,5	5,2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,21	1,52

5.4 Вывод по разделу

В результате написания раздела было проведено комплексное исследование эффективности исследования техносферных объектов радиометром Альфарад. Было выявлено, что разработанное решение является наиболее финансово- и ресурсоэффективным среди возможных.

В ходе планирования управления проектом была определена структура, состав и календарный план работ, а также исполнители. Был рассчитан минимальный бюджет проекта, который составил 417772 рублей.

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило понять, что исследование техносферных объектов радиометром

Альфарад является более эффективным вариантом решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

6 Социальная ответственность

6.1 Введение

Безопасность человека на производстве является сложной многоуровневой задачей, одним из аспектов которой является социальная ответственность. Практика решения вопросов охраны труда на производстве показывает, что инженерно-технические решения этих вопросов, не могут обеспечить полностью качественную и эффективную защиту работников. Необходимо учитывать человеческий фактор, в том числе, повышать социальную и моральную ответственность работодателей за создаваемые условия труда.

В данном разделе будут оценены вредные и опасные факторы, которые влияют на исследователя при проведении работы, связанной с определением вклада зданий в суммарный уровень радона в приземной атмосфере. Также рассмотрены меры по предупреждению чрезвычайных ситуаций.

Исследование проводится в лаборатории № 121 10-го учебного корпуса ТПУ. В лаборатории № 121 с использованием персонального компьютера (ПК) проводятся расчеты параметров зданий и моделирование результатов, а также измерение ОА радона радиометром Альфарад.

6.2 Производственная безопасность

Вредные и опасные факторы, воздействующие на сотрудника, устанавливаются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [31].

Опасные и вредные факторы при выполнении работы по оценке вклада зданий в суммарный уровень радона в приземной атмосфере представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Факторы ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
Вредные	Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [32]
	Недостаточная освещенность рабочей зоны	СанПиН 2.2.1-2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»[33]
	Повышенный уровень шума	СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы [34]
	Повышенный уровень электромагнитного излучение	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [35]
	Повышенный уровень ионизирующих излучений	СанПиН 2.6.1.2523-09 [36]
Опасные	Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [38]

Анализ выявленных вредных и опасных факторов проведен ниже. Также приведены меры защиты от воздействия факторов на персонал.

6.2.1 Отклонение параметров микроклимата

Согласно [32], микроклимат помещения – это состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и

подвижностью воздуха. Оптимальными параметрами микроклимата называется сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении. А допустимыми параметрами микроклимата называются такие, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности, но не приводят к повреждениям или ухудшению состояния здоровья.

В рассматриваемом помещении должны быть соблюдены оптимальные параметры микроклимата. Согласно классификации, приведенной в СанПиН 2.2.4.548-96, рассматриваемое помещение относится к категории Ia.

Ниже в таблице 6.2 приведены оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в указанной категории помещений [32].

Таблица 6.2 – Оптимальные нормы показателей микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Результирующая температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22–24	21–25	60–40	0,1
Теплый	23–25	22–26	60–40	0,1

В помещении соблюдаются нормы по движению воздуха. В теплое время года соблюдение оптимальных и допустимых параметров осуществляется посредством регулярного проветривания и влажной уборки помещений. Для обеспечения температурных норм микроклимата в холодное время года в помещении предусмотрена система отопления с возможностью регулирования.

Согласно [39], необходимо также обеспечить подачу наружного приточного воздуха в помещение в объеме 20 м³/ч·чел для обеспечения нормальной концентрации газов. Учитывая максимальное расчетное количество

людей в аудитории 16 человек, необходимо обеспечить подачу воздуха 320 м³/ч. В соответствии с этими требованиями может быть использован осевой вентилятор КВП 40-20, производительность которого лежит в диапазоне от 150 до 450 м³/ч [40].

6.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Воздействие вредных факторов световой среды при напряженной зрительной работе может приводить к развитию близорукости, падению концентрации и скорости восприятия, вести к общей усталости нервной системы, а также ухудшению эмоционального состояния человека. Для минимизации вредного воздействия улучшается качество освещения путем увеличения количества ламп и ширины оконного проема.

К вредным факторам естественного и искусственного освещения световой среды, согласно [31] относят отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения или искусственного освещения.

В аудитории 121 присутствует как естественное боковое, так и искусственное освещение. Рабочее место относится к категории Г-0,8, что означает рабочее место с горизонтальной рабочей поверхностью на высоте 0,8 м. Это предписывает СанПиН 2.2.1-2.1.1.1278–03 для аудиторий в высших учебных заведениях. Для таких рабочих мест в помещениях естественное боковое освещение должно обеспечивать коэффициент естественной освещенности КЕО=1,2 %, а искусственное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 400 лк.

Для определения показателей в помещении был использован метод использования коэффициента светового потока, представленный в [41]. Приведена формула расчета светового потока одной лампы:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta},$$

где F – световой поток лампы в светильнике, 4800 лм;

E – нормируемая минимальная освещенность, лк;

S – освещаемая площадь, 24 м²;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильников и тип ламп;

N – число светильников, 6 шт,

Z – коэффициент неравномерности освещения;

η – коэффициент использования светового потока.

Из приведенной формулы можно выразить освещенность:

$$E = \frac{F \cdot N \cdot \eta}{S \cdot K_3 \cdot Z}.$$

Необходимо определить, выполняется ли в указанном помещении норма освещения.

Коэффициент запаса K_3 зависит от степени загрязнения воздуха пылью, дымом, копотью и для данного помещения с нормальными условиями среды равен 1,2 [42]. При этом коэффициент неравномерности излучения Z для люминесцентных ламп равен 1,1 [43]. Коэффициент использования светового потока η может быть определен с использованием коэффициентов отражения стен, потолка и рабочей поверхности $\rho_n=0,7$, $\rho_c=0,5$. А также индекса помещения, который рассчитывается по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{4 \cdot 6}{3 \cdot (4 + 6)} = 0,8,$$

где A и B – длина и ширина помещения, м;

h – высота подвеса светильников, м.

Тогда $\eta=0,44$.

Таким образом получаем, что освещенность в помещении равна:

$$E = \frac{F \cdot N \cdot \eta}{S \cdot K_3 \cdot Z} = \frac{4800 \cdot 6 \cdot 0,44}{24 \cdot 1,2 \cdot 1,1} = 400 \text{ лк.}$$

Значение искусственного освещения соответствует минимальному допустимому значению, следовательно, в аудитории освещенность соответствует нормам [33].

6.2.3 Влияние уровня звука

В помещении лаборатории низкий уровень общего шума. Источниками шумовых помех могут стать вентиляционные установки, кондиционеры, ЭВМ и его периферийные устройства. Длительное воздействие этих шумов может вызывать головные боли, головокружение, потерю или ухудшение слуха и многие другие негативные эффекты. Шумы уровня 70-90 дБ при длительном воздействии приводят к заболеванию нервной системы, а более 100 дБ – к снижению слуха, вплоть до глухоты.

К источникам шумов на рабочем месте можно отнести компьютеры, измерительную технику, оборудование регулирования микроклимата.

Защита от шума подразумевает следующие мероприятия:

- звукопоглощение;
- удаление от источника;
- звукоизоляция [34].

Шум в 121 аудитории является широкополосным и постоянным. Нормируемыми параметрами постоянного шума являются измеряемые в децибелах уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Для ориентировочной оценки допускается использовать эквивалентные по энергии уровни звука, измеряемые в акустических децибелах [34].

В аудитории 121 проводится трудовой процесс с легкой физической нагрузкой с напряженностью легкой степенью, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 в таких помещениях с таким видом работ предусматривается ограничение

эквивалентного уровня звукового шума 80 дБА. По своим характеристикам шум, имеющий место быть в аудитории 121, удовлетворяет этим требованиям.

6.2.4 Влияние электромагнитного излучения

Электромагнитные поля, характеризующиеся напряженностями электрических и магнитных полей, наиболее вредны для организма человек. Основным источником этих проблем, связанных с охраной здоровья людей, использующих в своей работе автоматизированные информационные системы на основе персональных компьютеров, являются дисплеи (мониторы). Реакции человеческого организма на воздействие разного рода магнитных и электрических полей проявляются в виде притупления внимания, ухудшения свойств памяти, повышения утомляемости, сонливости и уменьшения эффективности сна. При этом хроническое облучение в течение длительного периода усугубляет вышеприведенные реакции и увеличивает риски нежелательных последствий, которые приводят к функциональным расстройствам различного характера. Степень воздействия электромагнитных излучений на организм человека зависит от диапазона частот, интенсивности воздействия, продолжительности облучения, характера излучения, режима облучения, размеров облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма.

Таблица 6.3 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ [29]

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Для защиты от вредных влияний включенного видеомонитора на организм пользователя ПЭВМ необходимо соблюдать следующие требования:

- на рабочем месте располагаться от экрана до глаз на расстоянии не менее 600-700 мм;
- использовать экранные фильтры типа «Полная защита»;
- соблюдать рациональный режим труда и отдыха в течение рабочего дня в зависимости от вида и категории трудовой деятельности.

Во время выполнения работы использовали монитор на основе жидких кристаллов, что позволило свести к минимуму воздействие электромагнитного излучения. Также были установлены регламентируемые перерывы через 1,5–2,0 часа от начала рабочей смены и через 1,5– 2,0 часа после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы.

6.2.5 Повышенный уровень ионизирующего излучения

В работе проводятся измерения содержания Rn-222 в грунте и в строительных материалах. В условиях радиоактивного излучения в организме человека могут произойти необратимые злокачественные изменения, которые впоследствии могут привести к неблагоприятным исходам, характерным для опасных факторов. В результате воздействия ионизирующих излучений нарушается нормальное течение биологических процессов и обмен веществ в организме. В зависимости от величины поглощенной дозы излучения и от индивидуальных особенностей организма вызванные изменения могут быть обратимыми и необратимыми. При небольших дозах пораженная ткань восстанавливает свою функциональную деятельность. Большие дозы при длительном воздействии могут вызвать необратимое поражение отдельных органов или всего организма (лучевая болезнь).

Количество допустимой дозы радиации, получаемой персоналом при работе с источниками ионизирующего излучения, регулируется НРБ-99/2009, представленных в СанПиН 2.6.1.2523-09 [36].

Для персонала группы А, допустимые пределы доз представлены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в	
– хрусталике глаза	150 мЗв
– коже	500 мЗв
– кистях и стопах	500 мЗв

Защита персонала от ионизирующего излучения должна обеспечиваться:

- использованием источников с минимальной активностью, необходимой для проведения данного вида работ;
- максимальным сокращением времени проведения рабочих операций;
- максимально возможным удалением персонала от источника;
- применением защитных средств (защитных контейнеров, экранов, дистанционного инструмента, манипуляторов и т.п.).

В условиях проведения исследования превышения ионизирующего излучения не было.

6.2.6 Электробезопасность

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от воздействия электрического тока. Воздействие электрического тока на организм человека имеет термическое, электролитическое и биологическое действие. Термическое действие связано с возникновением ожогов разной степени, электролитическое

действие связано с существенным изменением физико-химического состава тела, а биологическое действие связано с нарушением нормальной работы мышечной системы.

Согласно [44] лаборатория относится к категории помещений без повышенной опасности. В соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) [44], все электроприборы, используемые в помещении, относятся к низковольтным с напряжением питания до 1000 В. Все электроприемники относятся к электроприемникам III категории [45].

С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности [45]:

- перед включением ЭВМ и установки в сеть должна быть визуально проверена электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус компьютера установки;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети ЭВМ;
- запрещается при включенной ЭВМ и установке одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление.

6.3 Пожаро-взрывобезопасность

Один из ключевых опасных факторов, которые присутствуют почти на любом рабочем месте, является возможность возникновения пожара. Согласно [46], 121 аудиторию можно классифицировать, как помещение категории В, так как в помещении имеются твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы, а также вещества и материалы, способные при взаимодействии с кислородом воздуха гореть. К горючим материалам относятся шкафы, столы, стулья, элементы компьютерной техники и документация. Пожар может

возникнуть в результате неисправности токопроводящих кабелей, электрооборудования.

В соответствии с требованиями пожарной безопасности разрабатывается план эвакуации, эвакуационная карта и инструкция «О порядке проведения эвакуации людей и оборудования в случае пожара» [47, 48, 49]. Помещение должно быть оснащено средствами пожаротушения такими, как углекислотные огнетушители типа ОУ. Помимо этого, для предотвращения пожара необходимо принять меры, представленные в таблице 6.5. Также в таблице 6.5 описаны действия в случае возникновения пожара.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В ходе рабочего процесса могут возникать различные чрезвычайные ситуации (ЧС). Необходимо рассмотреть их перечень, а также предусмотреть меры по их предотвращению и их последствий. Наиболее вероятная чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования:

- пожар;
- поражение электрическим током;
- падение с высоты собственного роста;

Перечень мер представлен в таблице 6.5 [47, 49, 50, 51, 52].

Таблица 6.5 – Перечень чрезвычайных ситуаций и мер

Чрезвычайная ситуация (ЧС)	Меры по предупреждению ЧС	Меры в случае возникновения ЧС
Пожар	<ul style="list-style-type: none"> – своевременное проведение инструктажа по пожарной безопасности; – своевременное техническое обслуживание и ППР; – использование исправного электрооборудования; – оптимальный микроклимат; – использование быстродействующей защиты в электросети; – запрет на курение в помещении и использование открытого огня; – нагревательные приборы расположить на асбестовых ковриках и прокладках; – размещение корпусов рубильников и розеток на негорючих основах; – использовать изолированные электропровода, кабели. – отключение потребителей электроэнергии, уборка и закрытие окон по завершению работы. 	<ul style="list-style-type: none"> – при возникновении пожара по причине неисправности электроприбора, необходимо отключить его от электросети или отключить сеть; – вызвать пожарную бригаду по телефону 112; – приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения; – оказать первую помощь пострадавшим, удалить из помещения из опасной зоны всех рабочих и инженерно-технических работников, не занятых ликвидацией пожара; – при необходимости включить аварийную вентиляцию и производить усиленное проветривание помещений.
Поражение электрическим током	<ul style="list-style-type: none"> – проведение первичного и своевременное проведение вторичного инструктажа по электробезопасности; – своевременное техническое обслуживание и ППР; – защита от напряжения, все токоведущие части должны быть изолированы; – запрет на использование поврежденных кабелей, проводов и других электроприборов; – наличие защитного заземления для защиты от поражения электрическим током; – защита от токов КЗ быстродействующими устройствами; 	<ul style="list-style-type: none"> – в случае поражения работника электрическим током, необходимо обесточить питающую сеть автоматическим выключателем, или дифференциальным автоматом на щите, удалить пострадавшего от места поражения, переместить в безопасное место, воспользоваться медицинской аптечкой для оказания первой медицинской помощи и вызвать скорую помощь по телефону 112.

Продолжение таблицы 6.5

Травмирование в результате падения с высоты	<ul style="list-style-type: none"> – проведение инструктажа по технике безопасности; – для складирования изделий следует отводить специальные безопасные места, чтобы не загромождать ими рабочие площади, проходы; – оборудование и инструменты должны соответствовать своему назначению и всегда находиться в исправном состоянии; – хорошее освещение, поддержание чистоты и порядка на рабочем месте; – для оказания первой медицинской помощи должны быть в наличии аптечки с пополняемым набором медикаментов. 	<ul style="list-style-type: none"> – необходимо оказать первую помощь и вызвать скорую помощь по телефону 112; – ушибленной конечности обеспечивают полный покой, придают возвышенное положение, на место ушиба накладывают тугую давящую повязку, холодный компресс; – в случае ушиба головы пострадавшему создают полный покой, кладут холодный компресс на голову и как можно скорее его доставляют в лечебное учреждение, на шите с мягкой подушкой под головой и фиксированной валиком шеей; – при ушибах грудной клетки пострадавшему надо придать полусидящее положение, во время выдоха сделать круговую повязку бинтом, чтобы зафиксировать отломки ребер.
---	---	---

6.5 Вывод по разделу

В ходе написания данного раздела были рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут воздействовать на сотрудника, который выполняет творческую работу в режиме диалога с компьютером в 121 аудитории 10 корпуса ТПУ. Были выявлены и проанализированы следующие вредные факторы:

- факторы, связанные с микроклиматическими параметрами воздушной среды [32];
- факторы, связанные со световой средой [33, 41, 42, 43];
- факторы, связанные с уровнем шума [34];
- факторы, связанные с наличием электромагнитных полей промышленных частот [35, 37];
- факторы, связанные с воздействием ИИ [36];

Были выявлены и проанализированы следующие опасные факторы:

- возможность возникновения пожара [46, 47, 48, 49];
- возможность поражения электрическим током [44, 45].

Рассматриваемое помещение может быть категорировано по пожарной безопасности, как помещение категории В [49], а по электробезопасности, как сухое помещение без повышенной опасности с электроприемниками III категории [45].

Были рассмотрены наиболее вероятные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть в 121 аудитории. А именно: пожар, поражение электрическим током и падение с высоты собственного роста. Приведены меры по предупреждению таких ситуаций, а также меры, которые необходимо предпринять, если они произошли.

Заключение

В рамках выполнения магистерской диссертации студента проведен аналитический обзор научно-технической литературы по заданной тематике, на основе которого изучены основные источники поступления радона в атмосферу, его опасность и способы измерения ППР.

Радиометром Альфарад в районах с разной плотностью застройки измерены значения ОА радона с поверхности зданий разных типов и грунта и произведен расчет ППР.

Превышение ППР более 80 мБк/(м²·с) не обнаружено [17], но замечено отличие ППР в грунте, что обусловлено разным содержанием урана-238 в недрах земли.

На основании промоделированных данных выявлено, что в зависимости от плотности застройки вклад зданий в суммарную объемную активность варьируется. На территории с низкой плотности застройки с малоэтажными зданиями наибольший вклад в суммарную объемную активность радона в атмосфере вносит грунт 80%. Если же рассматривать район с высокой плотностью застройки, где только около 20 % занимает грунт, то суммарная объемная активность радона в атмосфере от грунта уменьшается и становится сопоставима с суммарной объемной активностью радона в атмосфере от зданий, соответственно 52 и 48 %.

На территории с высокой плотностью застройки и с стекляннопанельными зданиями, обнаружено значительное уменьшение концентрации радона в атмосфере, обусловленное тем что стеклянная часть здания является неэманлирующей поверхностью.

В результате сравнения районов с разной плотностью застройки с участком без построек (поле), отмечено, что строительство техносферных объектов способствует уменьшению концентрации радона в атмосфере.

Анализ уровня радона внутри помещений выявил наибольшую концентрацию радона на первых этажах, что связано с плохой герметизацией подвальных помещений.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение выделены основные этапы выполнения работы и их временные интервалы, с помощью чего разработан календарный рейтинг-план. Исходя из сметы общих затрат рассчитана итоговая стоимость выполнения работы (417772 руб.).

В ходе оценки рабочего места на предмет наличия вредных и опасных производственных факторов, и способов защиты от них рабочее пространство показало высокий уровень безопасности, так как организация рабочего места удовлетворяет установленным нормам и правилам.

Список публикаций студента

1 P. Mac-Donald, K. Abdullina, G.A. Yakovlev, V.S. Yakovleva Аэрозоли Сибири. XXVII Конференция: Тезисы докладов. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2020. – 67 с.

2 Abdullina K.R. et al. Impact of radon and thoron levels on technosphere objects in the total urban environment // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов: сборник докладов I Международной научно-практической конференции, Томск, 27-29 апреля 2021 г. Т. 2. – Томск, 2021. – Томский политехнический университет, 2021. – Т. 2. – С. 406-410.

3 Абдуллина К.Р. Влияние техносферы на радиационно-экологическое благополучие населения // Безопасность и ресурсосбережение в техносфере: сборник материалов III Международной научно-практической конференции, 29 апреля 2021 г. – Краснодар: КубГТУ, 2021. – 479 с.

4 Абдуллина К.Р. Опасность излучаемой радиации от техносферных объектов // Материалы IV Всероссийской молодежной научной школы «Геосферы и космос»: г. Петропавловск-Камчатский, 4-5 октября 2021 г.: сб. мат. – Петропавловск-Камчатский: КамГУ имени Витуса Беринга, 2021. – 50 с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Michalik B., de With G., Schroevers W. Measurement of radioactivity in building materials—Problems encountered caused by possible disequilibrium in natural decay series //Construction and Building Materials. – 2018. – Т. 168. – С. 995-1002.

2 Gandolfo G. et al. Radiation protection considerations on radon and building materials radioactivity in Near Zero Energy Buildings //Energy Procedia. – 2017. – Т. 140. – С. 13-22.

3 Pepin S. Using RESRAD-BUILD to assess the external dose from the natural radioactivity of building materials //Construction and Building Materials. – 2018. – Т. 168. – С. 1003-1007.

4 Nguyen-Van H. et al. Excessive radon-based radiation in indoor air caused by soil building materials in traditional homes on Dong Van karst plateau, northern Vietnam //Chemosphere. – 2020. – Т. 257.

5 Р. Mac-Donald, К. Abdullina, G.A. Yakovlev, V.S. Yakovleva Аэрозоли Сибири. XXVII Конференция: Тезисы докладов. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2020. – 67 с.

6 Проблема радона. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://profbeckman.narod.ru/rad.files/Rad2SS.pdf>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 22.02.20 г.

7 Gopalakrishnan P., Jeyanthi J. Importance of radon assessment in indoor Environment-a review //Materials Today: Proceedings. – 2022.

8 Petermann E., Bossew P., Hoffmann B. Radon hazard vs. radon risk-On the effectiveness of radon priority areas //Journal of Environmental Radioactivity. – 2022. – Т. 244. – С. 106833.

9 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://orfi.ru/files/doc/uchcenter/osporb_2612612-10.pdf, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 11.02.22 г.

10 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/4188851/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 11.02.22 г.

11 Nayak T. et al. A systematic review on groundwater radon distribution with human health consequences and probable mitigation strategy //Journal of Environmental Radioactivity. – 2022. – Т. 247. – С. 106852.

12 Ryzhakova N. K., Stavitskaya K. O., Plastun S. A. The problems of assessing radon hazard of development sites in the Russian Federation and the Czech Republic //Radiation Measurements. – 2022. – Т. 150. – С. 106681.

13 Sabbarese C., Ambrosino F., D'Onofrio A. Development of radon transport model in different types of dwellings to assess indoor activity concentration //Journal of Environmental Radioactivity. – 2021. – Т. 227. – С. 106501.

14 Petropoulos N. P., Anagnostakis M. J., Simopoulos S. E. Photon attenuation, natural radioactivity content and radon exhalation rate of building materials //Journal of Environmental Radioactivity. – 2002. – Т. 61. – №. 3. – С. 257-269.]

15 Гулимова Е. В., Младова Т. А., Муллер Н. В. Экологическая безопасность строительных материалов и изделий. – 2014.

16 Su Z. et al. Quantitative evaluation of radon, tobacco use and lung cancer association in an occupational cohort with 27 follow-up years //Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2022. – Т. 232. – С. 113233.

17 Железобетонные плиты. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kladembeton.ru/izdeliya/zdaniya-i-arhitektura/zhelezobetonnye-plity.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 11.03.22 г.

18 Soniya S. R. et al. Investigation of diffusive transport of radon through bricks //Radiation Physics and Chemistry. – 2021. – Т. 178. – С. 108955.

19 Виды и характеристики кирпича. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroit.ru/stati/kiprich/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 11.03.22 г.

20 Яковлева В. С. Методы измерения плотности потока радона и торона с поверхности пористых материалов. – 2011.

21 Yakovleva V.S. The radon flux density from the Earth's surface as an indicator of a seismic activity // 7th International Conference on gas geochemistry (ICGG7): Proc. – Freiberg, Germany, 2003. – P. 28–30.

22 Wasikiewicz J. M., Daraktchieva Z., Howarth C. B. Passive etched track detectors application in outdoor radon monitoring // Perspectives in Science. – 2019. – Т. 12. – С. 100416.

23 Liu L. et al. Activated carbon/attapulgite composites for radon adsorption // Materials Letters. – 2021. – Т. 285. – С. 129177.

24 Abdalla A. M., Al-Naggar T. I., Bashiri A. M. Radon gas build up using alpha scintillation cell: Experimentally and theoretically // Applied Radiation and Isotopes. – 2021. – Т. 175. – С. 109796.

25 Frutos-Puerto S. et al. Radon alpha track counting on solid state nuclear track detector by an ImageJ-based software macro // Applied Radiation and Isotopes. – 2021. – Т. 173. – С. 109695.

26 Pierre S. et al. Bias in the measurement of radon gas using ionization chambers: Application to SIR // Applied Radiation and Isotopes. – 2018. – Т. 134. – С. 13-17.

27 Радиометр Альфарад. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://printsip.ru/dozimetry-i-radiometry/item/alfardplus>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 13.02.22 г.

28 Блок детектирования альфа излучения БДПА-01. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.radek.ru/product/Intellektualnye-bloki-detektirovaniya/30/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 15.02.22 г.

29 Абдуллина К. Р., Яковлева В. С. Влияние техносферы на радиационно-экологическое благополучие населения // Безопасность и ресурсосбережение в

техносфере: сборник материалов III Международной научно-практической конференции, г. Томск, 29 апреля 2021 г.—Томск, 2021. – 2021. – С. 479.

30 Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах. Публикация 65 МКРЗ. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 78 с.

31 ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 28.03.22 г.

32 Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/4173106/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 28.03.22 г.

33 СанПиН 2.2.1-2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ledit.ru/pdf/SanPiN_221_111278_03.pdf, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 28.03.22 г.

34 СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901703278>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 28.03.22 г.

35 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901865498>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 05.04.22 г.

36 Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009». [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://base.garant.ru/4188851/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 5.04.22 г.

37 ТОО Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/toi-r-45-084-01-tipovaja-instruktsija-po-okhrane-truda/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 05.04.22 г.

38 ГОСТ 12.1.038–82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/toi-r-45-084-01-tipovaja-instruktsija-po-okhrane-truda/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 05.04.22 г.

39 СНиП 31-05-2003 «Общественные здания административного назначения». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/3924004/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 05.04.22 г.

40 Вентиляторы канальные типа КВП. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tdsanlex.ru/product/ventilyatoryi-kanalnyie-tipa-kvp?etext=2202.c0bh468i0iYJX7Iqt0oOL2feHyGz5DpP65ueXsr53t9srrMWWW_f6QIjru6vuc9yIEQKWZZnYivCGVFRssufKpEmyqa0tXjBBK3yJlZ8xr9vaGpjaGlwYXdzZmxwamhw.b0c97f7fb209bb8e433d62763934a4ee07cd554f&yclid=1688396812388462161, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 05.04.22 г.

41 Методы расчета освещения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/lighting/581-metody-rascheta-osveshhenija.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 05.04.22 г.

42 Коэффициент запаса при расчете освещения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elec.ru/publications/osveschenie/2764/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 05.04.22 г.

43 Расчет освещения – методы и последовательность. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elektrik-a.su/osveshhenie/obshhaya-chast/raschet-osveshheniya-335>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 05.04.22 г.

44 ПУЭ: правила устройства электроустановок. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200030216>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 06.04.22 г.

45 ГОСТ Р 12.1.019–2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200080203>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 06.04.22 г.

46 Инструкция о мерах пожарной безопасности, Приложение №2 к приказу ректора № 52/од от «21» июня 2013 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://portal.tpu.ru/departments/otdel/opb/instr.pdf/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 06.04.22 г.

47 Правила противопожарного режима в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/565837297>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 06.04.22 г.

48 Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902111644>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 06.04.22 г.

49 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (НПБ 105-03). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200032102>, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 06.04.22 г.

50. Петров С.В., Макашев В.А. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них: Учебное пособие. – М.: ЭНАС, 2008.

51 ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере. – СПб.: ЦОТПБСППО, 2008. – 8 с.

52 РД 153-34.0-03.702.99 – Межотраслевая инструкция по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве. [Электронный ресурс].

– Режим доступа:
https://narfu.ru/agnu/www.agtu.ru/etc/6c0d07489ba198de48bae5a05ad362bf1help_ns.pdf, свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 06.04.22 г.

Приложение А

(справочное)

Radon measurement methods

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM03	Абдуллина К.Р.		

Руководитель ВКР

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

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ	Утягина Я.В.			

A. Radon measurement methods

A.1 Characteristics of radon measurement methods

In the Russian Federation, the potential radon hazard of building sites is determined on the basis of radon flux density values. These measurements must be made before construction begins. The average value shall not exceed $80 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, then there is no radon hazard. All methods of measuring radon flux density from the ground surface are divided into [21]:

- direct measurement methods, which consist in measuring the accumulated activity in a chamber installed on the ground surface;
- indirect measurement methods based on calculation method, initially one of the model input parameters is measured and then the measured value is recalculated into radon flux density.

A.1.1 Direct methods of measurement

Direct methods of measuring volumetric activity of radon and thoron, depending on the principle of the detector are divided into: static and dynamic [21].

Dynamic accumulation chamber includes track, thermoluminescent, electret methods and methods with adsorption of radon and thoron on activated carbon. These methods do not require electrical power during radon and thoron accumulation.

Static accumulation chamber includes scintillation, semiconductor, and ionization detectors, in which measurements of radon and thoron volumetric activity are made by secondary ionized radiation using electric power sources.

A.1.1.1 Dynamic methods of accumulation chamber

Dynamic methods are a group of methods for measuring volumetric activity of radon and thoron, in which the detector accumulates information about radon and

thoron in a passive way, i.e. without using power sources. Subsequent reading of the information accumulated by the detector is performed using electrical devices. Passive methods of measuring volumetric activity of radon and thoron include [21]:

- Electrostatic method;
- Track method;
- Thermoluminescent method;
- Radon adsorption method on activated carbon, used in combination with scintillation or semiconductor measurement methods.

The electret detector for measuring radon volumetric activity is a disk of pre-charged Teflon (dielectric) fixed in a special frame. The electret is installed in the sampling chamber, which has an aerosol filter at its inlet to prevent radioactive aerosols from entering the chamber. The principle of measurement with electret is similar to that of an ionization chamber, so electret chambers are also called electret ionization chambers. Radon and thoron are diffused through the filter into the sampling chamber. Radiation arising from the decay of radon, thoron and their decay products ionizes the air inside the chamber, which leads to a decrease in the surface charge of the electret. Change of the electrode charge is proportional to the volumetric activity of the radon and thoron inside the chamber.

The track method is based on the effect, characteristic of most dielectrics, that a charged particle moving in a dielectric leaves a zone of stable structural disturbances along its trajectory. The resulting zone of structural breaks can be increased to a size of 10^{-4} - 10^{-2} cm by treatment in a suitable chemical reagent. The track density is determined by the specific ionization energy loss of the particle in the detector. For each dielectric there is a threshold value of specific ionization energy losses, below which track detection is impossible. This allows the use of dielectric track detectors for the registration of heavy charged particles against the background of X-rays or electrons [22].

A significant difference in radionuclide radiometry is the thermoluminescent method, which has two versions. In the first version, a radon accumulation chamber is

used, inside which thermoluminescent detectors and a metal plate in front of the detector at a short distance from it are installed. Negative potential is applied to the metal plate. Radon entering the chamber decays, positively charged radon decay products are deposited on the metal plate and thus accumulate. The radiation from the decay of the decay products collected on the plate is recorded by a thermoluminescence detector. Exposure duration is several days, depending on detector sensitivity and radon level in the medium under study [21].

The second variant of the thermoluminescent method is designed to measure the volumetric activity of daughter radon decay products and is combined with the aspiration method. The filter is installed in close proximity to the detector. Air is continuously pumped through the filter for a long period of time, not less than 72 hours. The radiation emitted by the aerosol decay products deposited on the filter is recorded by the detector during the entire period of exposure. The type of radiation recorded depends on the type of thermoluminescence detector used. The procedure for deciphering the measurement result is quite complicated. It is common to use two thermoluminescence detectors at the same time. Instead of thermoluminescent detectors in the described method you can use track or electret detectors [21].

Measurement of volumetric activity of radon and thoron by adsorption on activated carbon is one of the most common integrating methods of radon registration. This method is based on adsorption of radon and thoron from air on activated carbon and subsequent analysis by means of γ -spectrometer of radiation of radon and thoron decay products being in radioactive equilibrium with parent nuclides [23].

A.1.1.2 Static accumulation chamber methods

Static accumulation chamber refers to instantaneous methods, where the determination of volumetric activity of radon and thoron is carried out by the daughter products of their decay. Active methods are used in combination with electrostatic deposition of positively charged ions of daughter decay products on the detector. This,

on the one hand, increases the sensitivity of the measurement method, since electrostatic deposition increases the statistics, and, on the other hand, reduces the error associated with the interpretation of the spectrum, since the detector registers α -radiation not of all radionuclides, but only the ions deposited on its surface [21].

The essence of the static accumulation chamber method (static method) is the increase of radon concentration inside the accumulation chamber, due to radioactive gas flow from the soil or other porous material. Knowing measurement time, geometric dimensions of accumulation chamber, accumulation activity in accumulation chamber it is possible to estimate radon flux density not only from soil, but also from any other material.

In a scintillation detector the registration of alpha radiation of radon and its decay products is usually performed as follows. Radon is forced inside the radiometer chamber, the inner surface of which is covered with silver-activated zinc sulfide – ZnS(Ag). α -radon radiation and its decay products interact with scintillator substance and cause light flashes, which are registered by photomultiplier tube. Measurements should be taken after equilibrium between radon and its DPR has been established, so that more accurate results can be obtained. Depending on the shape of the chamber the sensitivity will change. For example, the sensitivity of cylindrical chambers is 10-15% lower than that of chambers with the form of a truncated cone. Negative influence has own scintillator background, so to reduce it, it is necessary to choose the right material, as well as to apply a layer of ZnS(Ag), which has insignificant radionuclide impurities [24].

Also quite successfully for radon measurement is used semiconductor method in combination with electrostatic method. The basic principle of radon registration in this combination is based on the fact that 88% of ^{218}Po and ^{216}Po atoms are positively charged and the remaining 12% are neutral at the end of their path due to recoil energy, after α -particle escape during decay of radon and thoron nuclei. When ^{218}Po and ^{216}Po ions are placed in an electric field, they migrate along the field lines and are collected on the surface of the detection device. The collection efficiency can exceed 90% when

the electric field strength is greater than 200 B/cm. In this way the electrophoretic focusing of polonium ions on the detector in the measuring chamber is achieved. The analyzed air containing radon is forced into the measuring chamber through an aerosol filter designed to clean the controlled air from the dispersed phase of aerosols and daughter products of thoron and radon decay [25].

If we consider the ionization method, it is based on conversion of energy of ionizing radiation of radon and its decay products into ionization current. Radon in equilibrium with daughter decay products with activity $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq creates a saturation current of $2,07 \cdot 10^{-3}$ A in the ionization chamber [26].

After introduction of radon into the chamber, the ionization current increases due to accumulation of daughter decay products. After about 3 hours the ionization current stops increasing as radioactive equilibrium of radon with its decay products is established. It is necessary to perform measurements after equilibrium between radon and its daughter decay products is established in order to minimize the error of measurement of radon volumetric activity. This method has such disadvantages as dependence of readings on the composition of the analyzed air, external γ -background, atmospheric pressure. Also, the apparatus used in this method must not be exposed to mechanical influences, since shocks or a slight jolt can lead to inaccuracy and incorrect measurements [26].

A.1.2 Indirect measuring methods

If it is necessary to check the radon hazardousness of a large territory, and there is no possibility to carry out direct measurements, then indirect methods are used. Let's consider the three most commonly used indirect methods [21]:

The first method of calculating radon flux density uses the diffusion transfer model and Fick's law. To perform the calculations, we will need such data as: specific activity of ^{226}Ra (^{238}U , ^{232}Th), porosity, soil density, emanation and diffusion coefficients of radon/thoron.

The second method is based on calculation of radon flux density by the measured gradient of radon volumetric activity in soil and diffusion transfer model.

The third variant of calculating flux density uses diffusion-advective model of transfer by two values of radon volumetric activity measured at two depths. For this method, we need to know information about physical-geological parameters of soils.

Приложение Б

(обязательное)

Таблица Б.1 – рассчитанные параметры зданий

N	Улица, номер дома	Площадь задний. м ²	Высота зданий. м	Строительный материал зданий
1	Красноармейска,99а	11607,26	28,6	Кирпич
2	Красноармейска,101	3623,058	18,8	Кирпич
3	Красноармейска,101а	9898,494	21,4	Кирпич
4	Красноармейска,101а ст11	5633,496	19,8	Кирпич
5	Красноармейска,101а ст2	11449,74	18,4	Кирпич
6	Красноармейская 101Б	1922,761	18,9	Кирпич
7	Красноармейска,103	4170,918	19,1	Кирпич
8	Красноармейска,103Б	146,3336	2,6	Кирпич
9	Красноармейска,105	4206,578	18,9	Кирпич
10	Красноармейска,107	316,7296	2,8	Дерево
11	Красноармейска,109	152,985	1,2	Кирпич
12	Учебная,20	5759,829	21,6	Кирпич
13	Учебная,22	7393,224	31,1	Кирпич
14	Учебная,34	2903,112	18,3	Кирпич
15	Учебная,34а	1855,037	11	Кирпич
16	Учебная,34\1	222,7135	2,4	Кирпич
17	Учебная,38	5771,58	19,3	Кирпич
18	Учебная,40	2940,076	29,3	Кирпич
19	Учебная,40а	2087,736	29,1	Кирпич
20	Учебная,40Б	395,528	3,8	Кирпич
21	Учебная,42	1616,914	13,6	Кирпич
22	Учебная,46	1158,152	14,1	Кирпич
23	Учебная,50	3673,863	16,2	Кирпич
24	Учебная,50а	302,304	3,4	Кирпич
25	Учебная, 50в	45,08	8,7	Кирпич
26	Котовского,19	9683,79	17,8	Кирпич
27	Котовского,19а	2402,023	14,6	Кирпич
28	Котовского,19/2	6579,372	14,6	Кирпич
29	Котовского,17	3470,728	13,2	Кирпич
30	Котовского,26	2732,21	12,3	Кирпич
31	Котовского,28	2808,064	12,8	Кирпич
32	Вершинина, 29	3158,448	13,2	Кирпич
33	Вершинина,31	3071,791	12,6	Кирпич
34	Вершинина,33	3035,301	12,5	Кирпич
35	Вершинина,37	3322,915	12,4	Кирпич
36	Вершинина,39	3301,997	12,6	Кирпич
37	Вершинина,39а	3564,925	12,8	Кирпич
38	Вершинина,39/2	910,3506	8,4	Кирпич
39	Вершинина,44	1656,025	28,6	Кирпич
40	Вершинина,44а ст1	1250,124	8,4	Кирпич
41	Вершинина,44 ст1	1461,84	3,8	Кирпич

Продолжение таблицы Б.1

39	Вершинина,46	5821,155	24,3	Кирпич
40	Вершинина,46/1	3652,555	3,1	Кирпич
41	Вершинина,46/4	2025,62	14,8	Кирпич
42	Вершинина,46/5	2025,62	14,8	Кирпич
43	Вершинина,46/2	4133,758	14,8	Кирпич
44	Вершинина,48	5470,829	24,2	Кирпич
45	Вершинина,48/1	4075,226	11,2	Кирпич
46	Усова,1/1	2834,35	13,8	Кирпич
47	Усова,3	3100,159	24	Кирпич
48	Усова,3/1	413,3615	2,6	Кирпич
49	Усова,7/8	4324,804	4,6	Кирпич
50	Усова,7 ст1	1748,73	15,6	Кирпич
51	Усова,9/4	5528,441	11,4	Кирпич
52	Усова,9	920,18	8,9	Дерево
53	Усова,9а	1647,056	12	Кирпич
54	Усова,9б	795,5561	5,8	Кирпич
55	Усова,9в	827,5015	11,4	Кирпич
56	Усова,11а	3332,055	13,4	Кирпич
57	Усова,11б	632,9163	12,6	Кирпич
58	Усова,13	3444,212	13,1	Кирпич
59	Усова,13а	3162,73	12,8	Кирпич
60	Усова,13б	3982,446	13,9	Кирпич
61	Усова,13в	2149,577	13,9	Кирпич
62	Усова,15	5578,176	17,3	Кирпич
63	Усова,15/1	1783,564	14,3	Кирпич
64	Усова,15/2	4083,82	17,1	Кирпич
65	Усова,15б	5663,404	46,2	Кирпич
66	Усова,17а	303,671	2,5	Кирпич
67	Усова,19	28253,27	28,6	Кирпич
68	Пирогова, 2	9713,955	13,6	Кирпич
69	Пирогова, 7	5294,646	26,8	Кирпич
70	Пирогова,9а	1908,22	3,8	Кирпич
71	Пирогова,10	1623,046	11,8	Кирпич
72	Пирогова,10/1	2443,33	2,8	Кирпич
73	Пирогова,10а	820,6664	3,2	Кирпич
74	Пирогова,10б	1561,146	14,3	Кирпич
75	Пирогова,11	727,3119	6,3	Дерево
76	Пирогова,13	668,5628	5,8	Дерево
77	Пирогова,15	4326,227	17,3	Кирпич
78	Пирогова,14/1	1131,291	8,4	Кирпич
79	Пирогова,14/2	1403,487	8,9	Кирпич
80	Пирогова,18	3582,177	12,8	Кирпич
81	Пирогова,18а	2626,952	12,8	Кирпич
82	Пирогова,19	1733,708	12,4	Кирпич
83	Студенческая,10б	1165,156	5,8	Кирпич

Продолжение таблицы Б.1

83	Пирогова,19	1733,708	12,4	Кирпич
84	Студенческая,10б	1165,156	5,8	Кирпич
85	Студенческая,10а	885,14	8,6	Кирпич
86	Студенческая,15	1930,004	17,5	Кирпич
87	Студенческая,15/1	1771,255	12,7	Кирпич
88	Студенческая,29	799,3553	8,9	Дерево
89	Студенческая,41	1889,075	11,1	Кирпич
90	Студенческая,41/1	372,036	6,7	Кирпич
91	Студенческая,41/2	202,6332	8,2	Кирпич
92	Студенческая,43	1309,944	7,9	Кирпич
93	Студенческая,49	797,7101	7,1	Кирпич
94	Студенческая,51	938,5868	7,9	Кирпич
95	Студенческая,53	1048,877	7,3	Дерево
96	Белинского, 51	2772,851	16,8	Кирпич
97	Белинского,53	1985,79	13,4	Кирпич
98	Белинского,53б	894,9914	15,4	Кирпич
99	Белинского,53ст2	1824,945	15,3	Кирпич
100	Белинского,53а	10296,16	16,1	Кирпич
101	Белинского,57	3181,486	12,8	Кирпич
102	Белинского,59	814,2536	12,4	Кирпич
103	Белинского,61	1792,65	13,1	Кирпич
104	Белинского,63	4090,847	13,5	Кирпич
105	Белинского,65	2706,472	11,2	Кирпич
106	Белинского,70	2733	13,2	Кирпич
107	Белинского,72	1737,59	8,9	Дерево
108	Белинского, 72ст1	569,0985	3,7	Дерево
109	Белинского,74	559,0064	4,3	Дерево
110	Белинского,74а	232,9136	4,8	Дерево
111	Белинского,76	463,9246	6,8	Дерево
112	Белинского,78	545,0748	5,1	Дерево
113	Белинского,80	527,387	5,3	Дерево
114	Белинского,82	817,3779	8,1	Дерево
115	Белинского,84	4285,368	14,9	Кирпич
116	Белинского,86	4067,229	18,2	Кирпич
117	Студгородок,1	703,7928	4,3	Кирпич
118	Студгородок,2	1193,324	8,1	Кирпич
119	Студгородок,3	422,1615	6,8	Дерево
120	Студгородок,4	1326,151	9,8	Кирпич/Дерево
121	Студгородок,5	2091,432	8,1	Кирпич
122	Студгородок,5а	450	10,5	Кирпич
123	Студгородок,6	628,6948	4,1	Дерево
124	Студгородок,7	1009,575	8,6	Дерево
125	Студгородок,9	1201,075	8,4	Дерево
126	Кулева,3	4939,446	18,6	Кирпич
127	Кулева,4	1981,554	15,5	Кирпич
128	Кулева,6	292,1357	3,3	Кирпич
129	Кулева,6ст1	547,9545	8,9	Кирпич

Продолжение таблицы Б.1

130	Кулева,8	306,0167	3,1	Дерево
131	Кулева,8а	665,2686	8,1	Кирпич
132	Кулева,10	556,6024	9,7	Кирпич
133	Кулева,12	1217,511	13,4	Кирпич
134	Кулева,16	853,5843	9,3	Кирпич
135	Кулева,18	1131,036	8,7	Кирпич
136	Советская,75	2802,572	14,1	Кирпич
137	Советская,81	799,0281	8,9	Кирпич
138	Советская,82а	361,7114	4,3	Дерево
139	Советская,83	635,3295	5,4	Дерево
140	Советская,83ст1	312,644	4,7	Кирпич
141	Советская,84	7396,938	14,8	Кирпич
142	Советская,84/3	2593,693	10,2	Кирпич
143	Советская,84/4	1905,448	10,4	Кирпич
144	Советская,85	569,5065	6,3	Дерево
145	Советская,86	2583,379	17,2	Кирпич
146	Советская,87	363,3637	3,2	Кирпич
147	Советская,89	739,394	8,1	Дерево
148	Советская,90	4609,723	17,4	Кирпич
149	Советская,91	4313,852	9,1	Кирпич
150	Советская,91 ст1	1859,597	6,8	Кирпич
151	Советская,93	463,0157	3,1	Кирпич
152	Советская,93/1	715,2263	6,2	Кирпич
153	Советская,97	674,547	6,4	Дерево
154	Советская,97б	1335,209	12,3	Кирпич
155	Советская,98	4120,938	17,3	Кирпич
156	Советская,99	2651,714	16,8	Кирпич
157	Советская,100	660,3359	6,8	Кирпич
158	Советская,97а	800,0984	8,3	Дерево
159	Проспект Ленина,21	1486,263	12,7	Кирпич
160	Проспект Ленина,23	889,8848	8,5	Дерево
161	Проспект Ленина,23/1	758,0661	8,8	Дерево
162	Проспект Ленина,25	669,5708	8,9	Дерево
163	Проспект Ленина,27	3841,819	13,8	Кирпич
164	Проспект Ленина,19	1290,474	8,1	Дерево
165	Проспект Ленина,35	402,835	3,1	Кирпич
166	Проспект Ленина,35 ст2	430,5016	6,8	Кирпич
167	Проспект Ленина,37	651,9152	8,3	Дерево
168	Проспект Ленина,39	3784,574	10,1	Кирпич
169	Проспект Ленина,41	4104,4	13,2	Кирпич

Приложение В

(обязательное)

Таблица В.1 – рассчитанные параметры зданий

N	Улица, номер дома	Площадь задний, м ²	Высота зданий, м	Строительный материал зданий
1	Береговая КПД9	9000	67,5	панель
2	Береговая,25	14472	45,9	панель
3	Береговая,23	11602	45,9	панель
4	Береговая,21	11679	45,9	панель
5	Береговая,2д	5685,2	45,9	панель-кирпич
6	Береговая,17	16222,2	45,9	панель
7	Береговая,15	2238,6	8,1	панель
8	Береговая,13	16776,4	45,9	кирпич
9	Береговая,11	5686,2	45,9	панель
10	Береговая,9	11386,4	45,9	панель
11	Береговая,7	14847	40,5	панель-кирпич
12	Береговая,5	10917,4	45,9	панель
13	Береговая,3	4994	27	панель
14	Трудовая,22/1	14728,2	45,9	панель
15	Трудовая, 22	1699,8	8,1	кирпич