

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

Институт Физико-технический
Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии
Кафедра Прикладной физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование влияния дождевых осадков на радиационный фон в приземной атмосфере

УДК 551.521.3.551.577.001.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3А	Павлюкевич Матвей Павлович		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ПФ	Вагнер А.Р.	к.ф. – м.н.		

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКОВ)

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения(компетенции)
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
P2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
P3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
P4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
P5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
P6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Профессиональные компетенции	
P7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
P8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования ; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе,

	соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
P9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.
P10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.
P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.

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

Институт Физико-технический
Направление подготовки 14.03.02 Ядерная физика и технологии / Радиационная
безопасность человека и окружающей среды
Кафедра Прикладной физики

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0А3А	Павлюкевич Матвею Павловичу

Тема работы:

Исследование влияния дождевых осадков на радиационный фон в приземной атмосфере	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	545/с от 31.01.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Данные мониторинга, Росгидромета, результаты предыдущих исследований В ТПУ и из литературных источников.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Исследовать связи между величиной всплеска мощности дозы γ-излучения и характеристиками дождевых осадков.</p> <p>Определить какая из характеристик осадков коррелирует с величиной всплеска мощности дозы γ-излучения.</p> <p>Исследовать влияние осадков на мощность дозы γ-излучения на разных высотах с помощью метода Монте-Карло.</p> <p>Произвести анализ полученных результатов; Разработать метод определения интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы по измеренной мощности дозы γ-излучения.</p>
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Екатерина Валентиновна
Социальная ответственность	Гоголева Татьяна Сергеевна

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3А	Павлюкевич Матвей Павлович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа изложена на 75 страницах, включая 23 рисунка, 16 таблиц.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, осадки, интенсивность осадков, γ -фон, радон, приземный слой атмосферы.

Объектом исследования являются γ -фон приземной атмосферы во время дождевых осадков.

В работе представлены результаты исследований, выполненных в рамках выпускной квалификационной работы.

Цель работы – исследовать связь между величиной всплеска мощности дозы γ -излучения и характеристиками дождевых осадков.

В ходе работы определена характеристика дождевых осадков, а именно "реальная" интенсивность выпадения дождевых осадков, коррелирующая с величиной всплеска мощности дозы γ -излучения. Произведено моделирование влияния дождевых осадков на мощность дозы γ -излучения на разных высотах измерения с помощью метода Монте-Карло. Произведен анализ полученных результатов. Как следствие, разработан метод определения интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы по измеренной мощности дозы γ излучения.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ДПР - короткоживущие продукты распада

ДПР- дочерние продукты распада

МКРЗ - международная комиссия по радиологической защите

ОА - объемная активность

ИИ - ионизирующее излучение

Оглавление

Введение	10
1. Аналитический обзор литературы.....	12
1.1 Радиоактивность приземного слоя атмосферы	12
1.2 Влияние дождевых осадков на радиационный фон в приземной атмосфере	17
1.3 Методы определения интенсивности дождевых осадков	18
2. Динамика мощности дозы γ -излучения в период выпадения дождевых осадков.....	22
2.1 Выбор радионуклидов	23
2.2 Исследование сдвига радиоактивного равновесия между изотопами радона и продуктами их распада в приземной атмосфере.....	25
2.3 Моделирование атмосферных полей γ - излучения.....	28
2.5 Расчет интенсивности дождевых осадков	30
2.6 Корреляционный анализ.....	35
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	38
3.1. Потенциальные потребители результатов исследования	38
3.2. Анализ конкурентных технических решений	39
3.3 SWOT-анализ.....	40
3.4. Планирование ВКР.....	43
3.5. Разработка календарного плана работ	46
3.6. Определение плановой себестоимости проведения ВКР	49
3.6.1. Затраты на спецоборудование для научных работ	49
3.6.2. Затраты на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИР.....	50
3.6.3 Дополнительная заработная плата	52
3.6.4. Отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды)	53
3.6.5. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями	54
3.6.6. Накладные расходы	54
3.6.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .	55

3.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	55
4. Социальная ответственность.....	60
4.1 Характеристика условий труда.....	61
4.2 Требования к ПЭВМ и организация работы	61
4.2.1 Организационные мероприятия	61
4.2.2 Технические мероприятия.....	62
4.3 Анализ выявленных вредных факторов.....	64
4.3.1 Микроклимат	64
4.3.2 Шум и вибрация	65
4.3.3 Освещение.....	66
4.3.4. Электромагнитное излучение	66
4.3.5 Ионизирующее излучение.....	67
4. 4 Анализ выявленных опасных факторов.....	67
4.4.1 Электробезопасность	67
4.4.2 Пожарная безопасность.....	69
Заключение.....	72
Список использованных источников:	73

Введение

На сегодняшний день, почвенные радиоактивные газы и атмосферные радионуклиды изучаются с очень большим интересом. Связано это с тем, что они являются отличными трассерами различных геологических и атмосферных динамических процессов. Это обусловлено их отличными индикаторными свойствами и в большинстве случаев простой и экономичной процедурой контроля, по сравнению с не радиоактивными трассерами.

Поэтому многие десятилетия, как в России, так и за рубежом ведется непрерывный мониторинг γ -фона в приземном слое атмосферы. Причем атмосферный γ -фон не является константой, а постоянно изменяется, и зависит от сезона, географического положения, высоты над поверхностью земли и времени суток. Подобные измерения ведутся в зоне Северного полушария умеренного и тропического климата. Были обнаружены резкие увеличения, или всплески, в γ -фоне в периоды выпадения при грозах. Данный эффект связали с ускорением вторичного космического излучения мощными электрическими полями, возникающими между грозовыми облаками. Однако, не стоит забывать и о климате данной области. Как например в тропиках осадки и грозы возникают только в течении одного сезона. В то же время очень сложно связать подобный эффект с другими областями Земли. К примеру в полярном регионе отсутствуют такие сильные электрические поля. К тому же, повышение γ -фона во время осадков возникает круглогодично. В ряде других научных работ предложили объяснение, что всплески связаны с вымыванием ДПР радона и торона из атмосферы осадками [1].

На данный момент не хватает данных, для того, чтобы образовать модель увеличения γ -фона при осадках. Ежедневно собирается информация и ведутся исследования и данные связанные с осадками, однако до сих пор не была достоверно подтверждена связь интенсивности осадков с мощностью дозы γ -излучения.

Цель:

Исследование связи между величиной всплеска мощности дозы γ -излучения и характеристиками дождевых осадков.

Задачи:

1. Определить какая из характеристик осадков коррелирует с величиной всплеска мощности дозы γ -излучения;
2. Исследовать влияние осадков на мощность дозы γ -излучения на разных высотах с помощью метода Монте-Карло;
3. Произвести анализ полученных результатов;
4. Разработать метод определения интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы по измеренной мощности дозы γ -излучения.

1. Аналитический обзор литературы

1.1 Радиоактивность приземного слоя атмосферы

Биосфера Земли испытывает влияние космического излучения, радионуклидов, рассеянных и находящихся в твердых породах земли, океанах и в атмосфере. В общем, радиационный фон на земле складывается из трех компонент:

- естественное излучение (природное)
- космическое излучение
- искусственное (техногенное)

В грунте находится большое количество рассеянных радионуклидов, к которым также относятся радон, торон и их ДПР. Они поступают в атмосферу посредством молекулярной и турбулентной диффузии.

В состав атмосферных природных радионуклидов входят радиоактивные аэрозоли и радиоактивных газы. Радиоактивные аэрозоли – это аэрозоли, в состав которых входят частицы, полностью или частично состоящие из радионуклидов, которые либо входят в материал частиц, либо присоединяются к неактивным частицам [2]. Естественные радиоактивные газы являются изотопами радона: ^{222}Rn — радон, ^{220}Rn — торон, ^{219}Rn — актинон, и образуются вследствие радиоактивного распада ^{238}U , ^{232}Th и ^{235}U . [3].

Во время отсутствия радиационных аварий, наибольший вклад в радиоактивность атмосферы вносят изотопы радона, которые поступают из грунта вследствие различных физических процессов (диффузии, адвекции), а также их ДПР. ОА радионуклидов, находящихся в атмосфере, не является постоянной величиной, а меняется с течением времени.

Учеными были проведены моделирования различных динамических процессов и метеорологических ситуаций. Вычисления были произведены с использованием косвенного метода определения ОА изотопов радона и ДПР в атмосфере. Расчеты выполнялись с использованием пакета "Matematica"

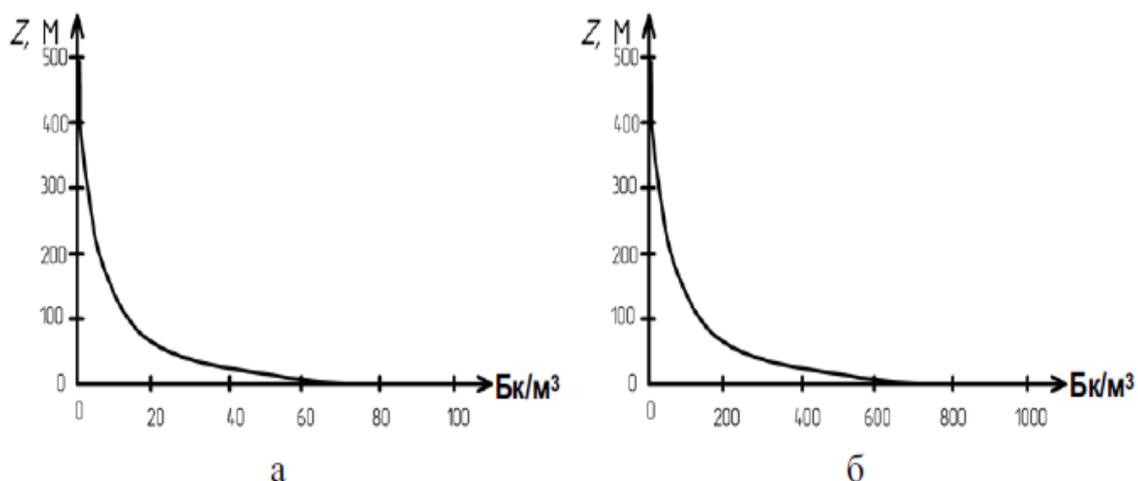


Рисунок 1.1 – Зависимость ОА радона от ППР: а) $10 \text{ мБк м}^{-2} \text{ с}^{-1}$; б) $100 \text{ мБк м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ [4]

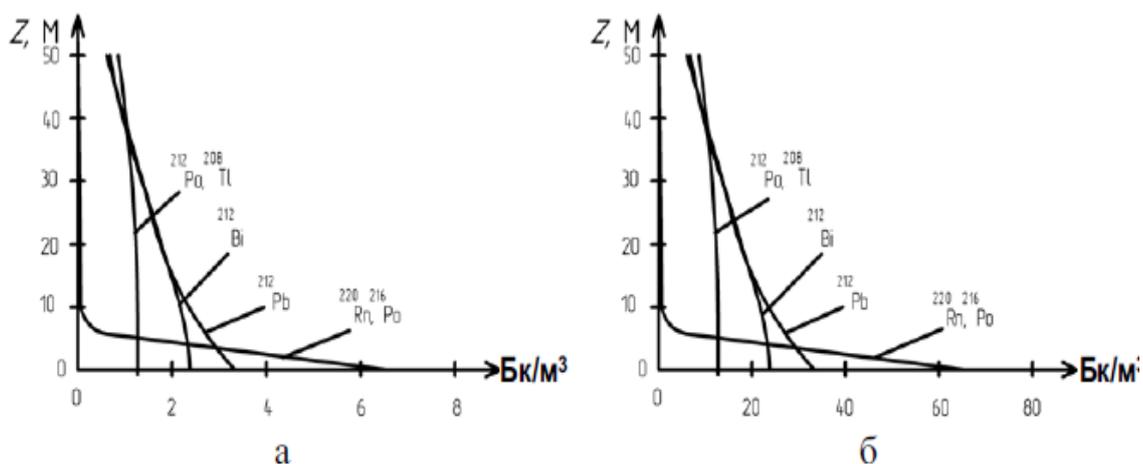


Рисунок 1.2 – Зависимость ОА торона от ППР: а) $1 \text{ мБк м}^{-2} \text{ с}^{-1}$; б) $10 \text{ мБк м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ [4]

В результате по плотности потока радона и торона были получены данные. Оценив их, можно было сказать ППР и ППТ на форму вертикального профиля ОА радона, торона и ДПР. ППР и ППТ пропорционально влияют только на интегральную величину ОА в атмосфере. ОА радона и ДПР равны только на большой высоте. Различаются они только у земной поверхности [5].

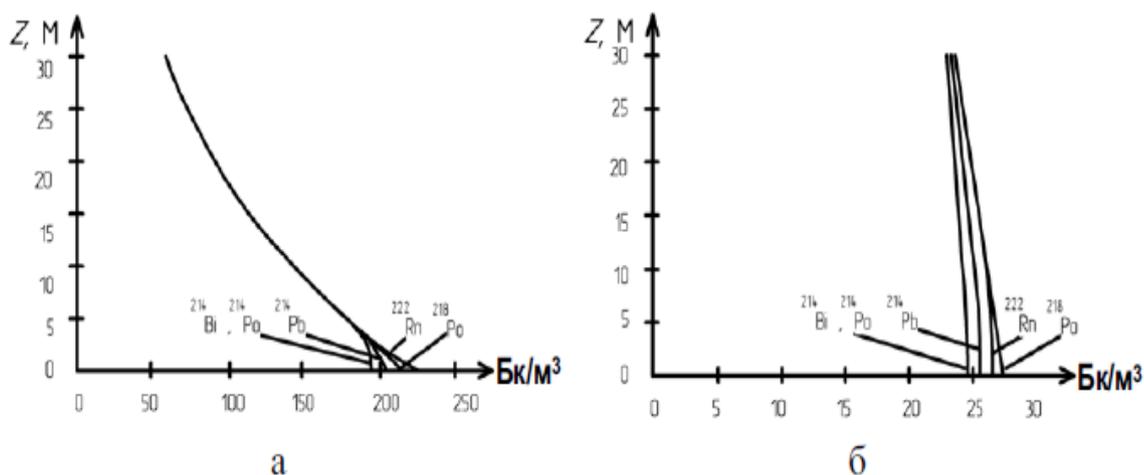


Рисунок 1.3 – Зависимость ОА радона и ДПР от высоты при: а) $D_T=0,001$ m^2/c ; б) $D_T=0,1$ m^2/c [4]

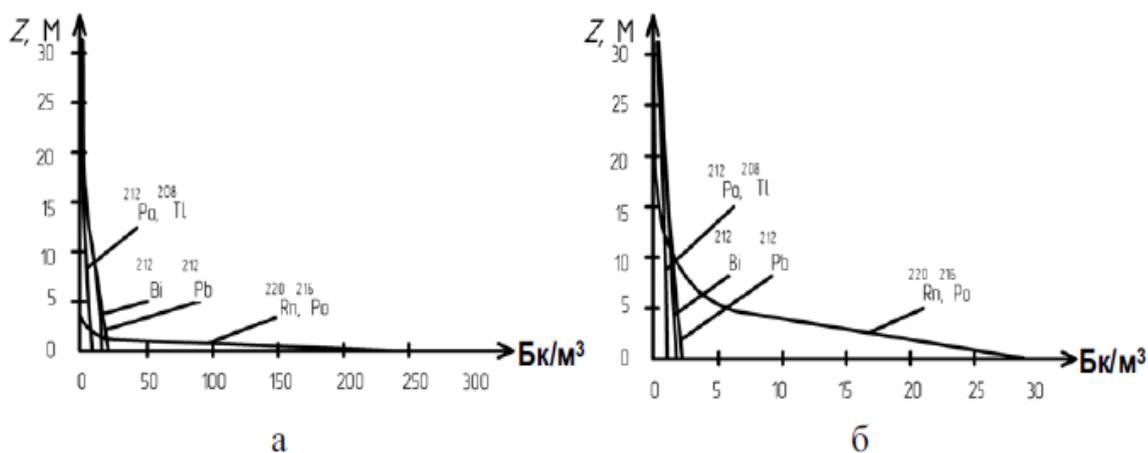


Рисунок 1.4 – Зависимость ОА торона и ДПР от высоты при: а) $D_T=0,001$ m^2/c ; б) $D_T=0,1$ m^2/c [4]

Для радона, при возрастании коэффициента турбулентной диффузии, наблюдается заметный переход от экспоненциальной зависимости к линейной. Профиль объемной активности радона, торона и ДПР очень сильно зависит от коэффициента турбулентной диффузии, особенно возле земной поверхности.

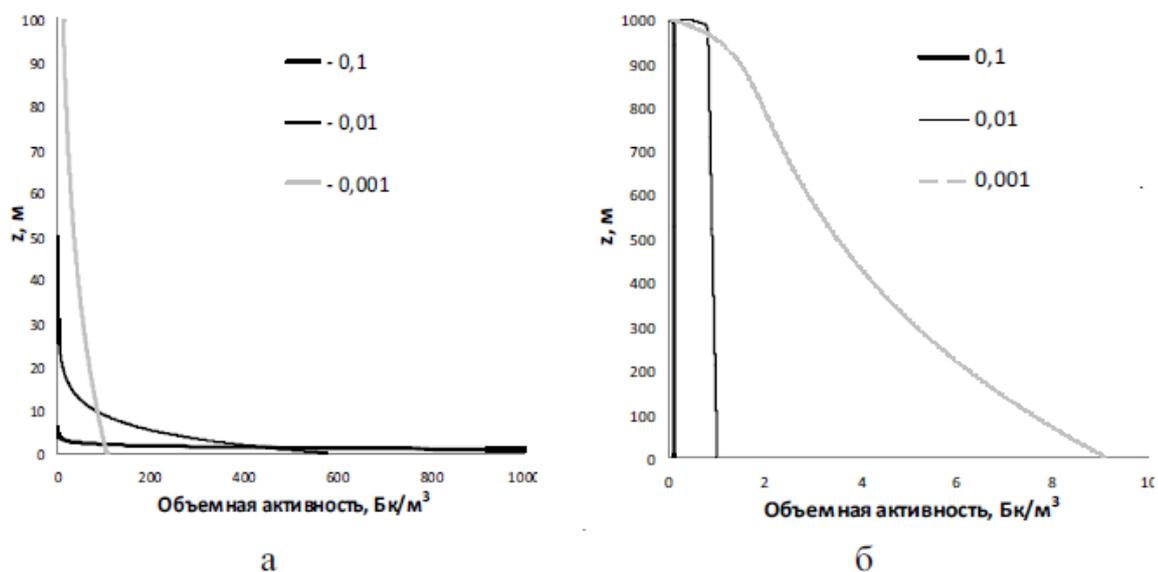


Рисунок 1.5 – Зависимость ОА радона от высоты при разной скорости ветра и направления: а) к поверхности земли; б) от поверхности земли [6]

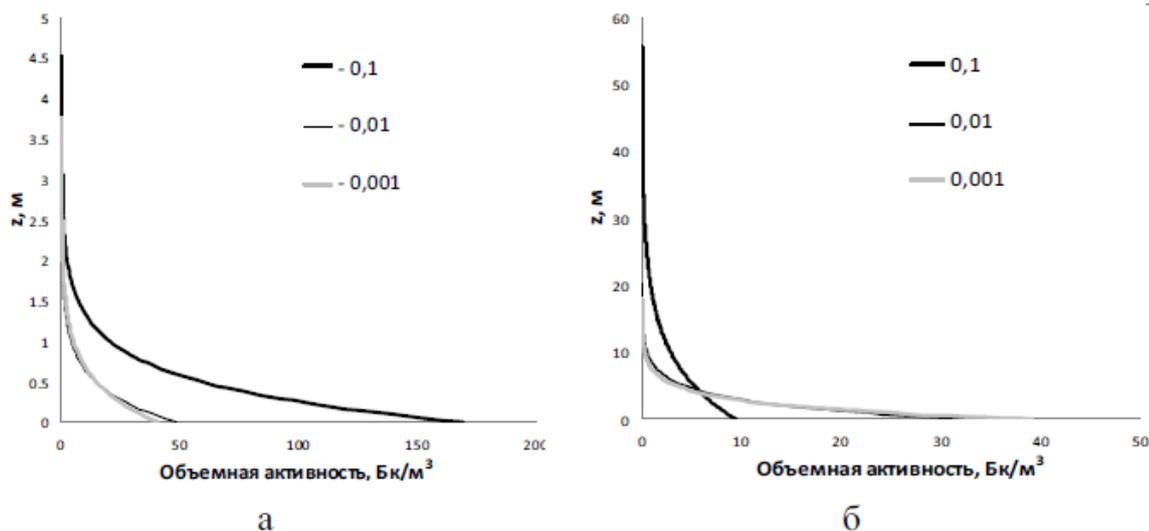


Рисунок 1.6 – Зависимость ОА торона от высоты при разной скорости ветра и направления: а) к поверхности земли; б) от поверхности земли [6]

Оценивая зависимости можно сделать вывод, что ветер очень сильно влияет на вертикальный профиль ОА радона и ДПР. Если же ветер будет направлен к поверхности земли, то будет наблюдаться перенос радионуклидов к поверхности земли, что приведет к повышению ОА возле поверхности земли и ее снижению на больших высотах и наоборот [7].

В итоге, результаты моделирования показали, что в основном на величину и форму профиля ОА влияют: плотность потока радона и торона с поверхности земли, вертикальная составляющая ветра и турбулентность

атмосферы. К примеру у земной поверхности, плотности потока радона и торона изменяются в зависимости от погодных условий на 4-5 порядков величины [8].

Торон содержится в атмосферном воздухе в малых количествах. Наличие космических радионуклидов в приземном слое атмосферы крайне незначительно (Рисунок 2).

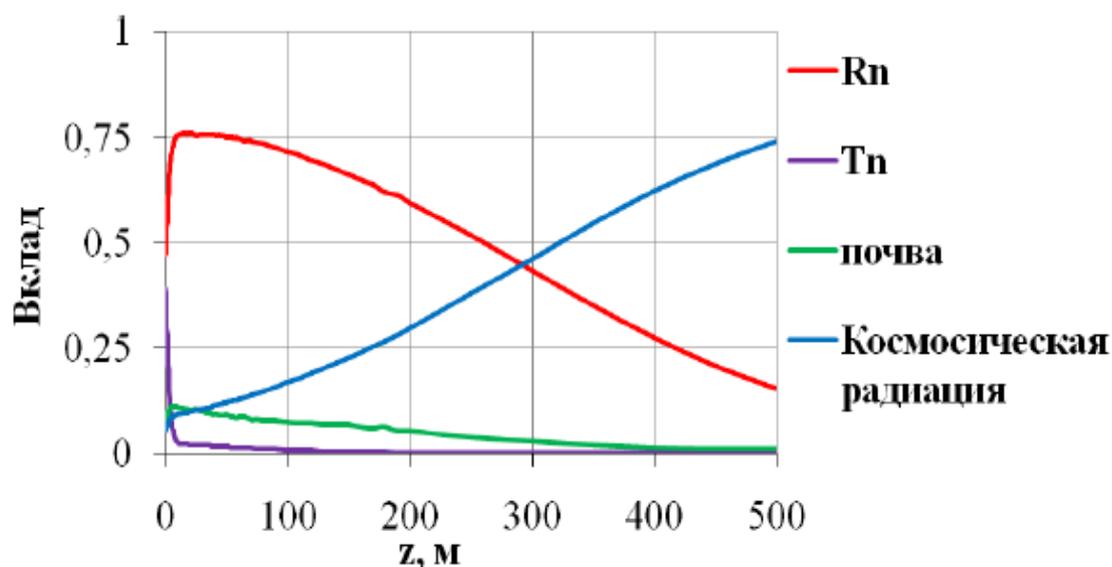


Рисунок 1.7 – Зависимость вкладов в суммарную плотность ионизации, создаваемую излучением почвенных и атмосферных (радон, торон и их ДПР) радионуклидов, космической радиацией от высоты [9].

Вклад от космического излучения повышается с ростом высоты. На высоте 300 метров вклады радона и космического излучения равны между собой, на высоте больше 300 метров, вклад от космического излучения является доминирующим.

Радон находящийся в атмосфере является вариативной компонентой атмосферных полей ИИ, а радионуклиды, находящиеся в почве, являются постоянной компонентой. Но вклад различных источников ИИ и степень их влияния в суммарные атмосферные поля, на данный момент, никем не обрабатывался.

Причинами удаления радиоактивных газов и аэрозолей из атмосферы можно назвать радиоактивный распад и вымывание осадками. ДПР радона и

торона в приземном слое атмосферы либо находится в свободном состоянии, либо прикрепляются к другим аэрозолям, которые имеют нерадиоактивный характер.

Суммируя вышесказанное можно подытожить, что характеристики переноса продуктов распада радона и торона в приземной атмосфере сильно зависят от их физического состояния, а также от состояния и изменчивости приземной атмосферы, литосферы и факторов космической погоды [10].

1.2 Влияние дождевых осадков на радиационный фон в приземной атмосфере

Как уже было сказано важнейшей задачей различных государственных служб контроля радиационного фона атмосферы является обеспечение радиационной безопасности человека и его окружающей среды. В связи с этим ведется постоянный мониторинг мощности дозы γ -излучения приземной атмосферы в разных уголках планеты.

Под солнечным светом в дневное время воздух нагревается и становится турбулентным, что снижает концентрацию радона на поверхности и, следовательно, фон γ -излучения. Ряд ученых отметили, что осадки играют важную роль в изменениях атмосферного γ -излучения в течение одного дня и вызывают кратковременные резкие увеличения (всплески) некоторых характеристик полей γ -излучения на десятки и даже сотни процентов.

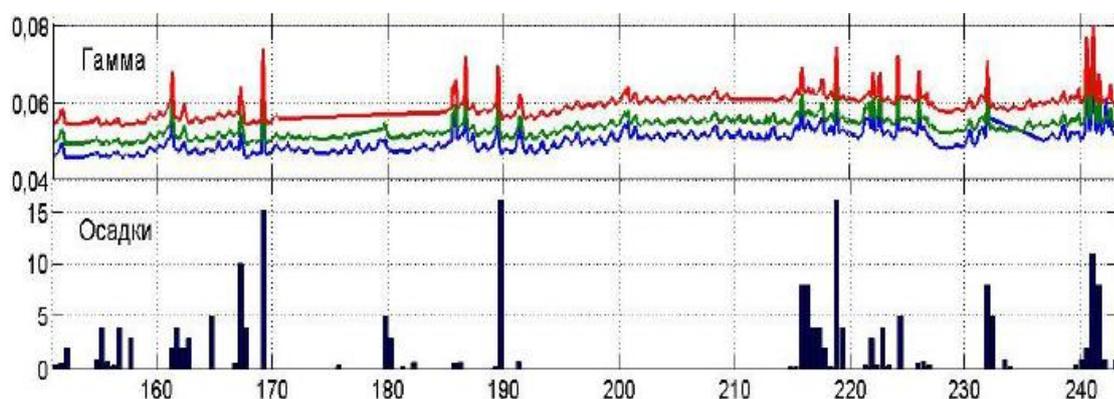


Рисунок 1.8 – Зависимость количества выпавших осадков и мощности дозы γ -излучения от времени (лето 2013 года)

Для описания этого феномена за рубежом даже придумали специальный термин «radon washout» (вымывание радона), означающий вымывание γ -излучающих ДПР радона и торона осадками на земную поверхность [11]. Однако, связь между интенсивностью дождевых осадков и мощностью дозы γ -излучения до сих пор не была доказана [12].

В прошлом нашим научным коллективом уже проводились сезонные исследования данного эффекта. Результаты были ожидаемыми, были также замечены всплески γ -излучения во время выпадения осадков. Измерения проводились на разных высотах от 10 см до 25 м. Время существования эффекта длится от нескольких единиц часов до полусуток.

Также было проведено подробное рассмотрение и анализ данных 2009-2011 гг. на присутствие всплесков во время выпадения осадков. При анализе было замечено, что наилучшая корреляция всплесков мощности дозы γ -излучения с временем выпадения осадков наблюдается в летний сезон года.

Анализируются не только количественные данные по мощности дозы γ -излучения и интенсивности осадков, но и изучаются формы всплесков, время нарастания γ -всплеска и его спада. Также были найдены строенные и сдвоенные всплески, которые возможно зависят от характеристики осадков.

1.3 Методы определения интенсивности дождевых осадков

В настоящее время существует большое количество различных методов и прибор измеряющих интенсивность дождевых осадков. Но так или иначе каждый имеет свои недостатки:

Определение интенсивности дождевых осадков с помощью плювиографа.



Рисунок 1.9 – Плувиограф.

Плувиограф состоит из осадкосборной камеры с приемной воронкой, сифон и поплавков, связанный с регистратором и узлом принудительного начала слива. Узел принудительного начала слива выполнен в виде опрокидывающейся емкости, установленной на поворотной оси, и упора, жестко связанного с осадкосборной камерой, поплавков жестко прикреплен к днищу опрокидывающейся емкости, а центр тяжести поплавка и упор расположены по разные стороны поворотной оси .

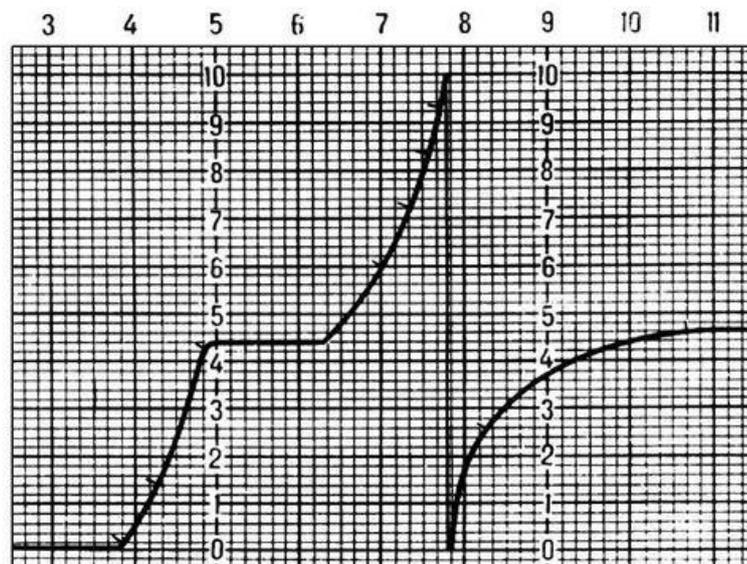


Рисунок 1.10 – Данные интенсивности дождевых осадков по ленте pluвиографа [13]

Каждый поворот ("кувырок") этой емкости регистрируется на диаграмме. По плотности расположения прочерченной диаграммы за

определенный промежуток времени судят о суммарном количестве и интенсивности поступающей жидкости через приемную воронку.

Недостатки плювиографа:

– не известно время начала дождя, т.е. время начала заполнения опрокидывающейся емкости не фиксируется на прочерченной диаграмме, а фиксируется только время слива первой порции опрокидывающейся емкости, таким образом, точное время начала дождя не известно, что может привести к увеличению погрешности определения интенсивности осадков и снижению достоверности результата измерения;

– использование большого количества механических и кинематических звеньев приводит к снижению надежности способа и срока службы.

Известен способ определения интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы с помощью осадкомера, содержащего секционную обмотку с распределенной емкостью, образованной двумя изолированными проводниками, омическое сопротивление которых зависит от температуры, а также блок обработки сигнала и регистратор. Под действием атмосферных осадков, попадающих внутрь обмотки, происходит изменение емкости конденсатора, которое преобразуется в последовательность электрических импульсов, частота следования которых пропорциональна интенсивности осадков.

Основным недостатком такого способа является высокая погрешность измерений интенсивности осадков, поскольку она определяется только по переменной частоте следования электрических импульсов равной длительности, и не зависит от размеров капель.

Известен способ определения интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы, основанный на использовании оптико-акустико-электронного прибора, в котором происходит преобразование количества капель осадков в количество электрических импульсов за счет прерывания каплями луча лазера, а также преобразование звукового сигнала с помощью мембраны и микрофона в электрический сигнал.

Основные недостатки такого способа:

- низкая надежность вследствие помутнения оптики при продолжительном попадании на нее осадков;
- влияние случайных шумов приводит к увеличению погрешности определения интенсивности осадков;
- сложность измерительных блоков и энергоемкость электропитания с различными напряжениями.

2. Динамика мощности дозы γ -излучения в период выпадения дождевых осадков

Научный коллектив уже очень давно занимается тематикой влияния осадков на радиационный фон в приземной атмосфере. Скопилась, достаточно, обширная база данных с 2011 по 2015 год.

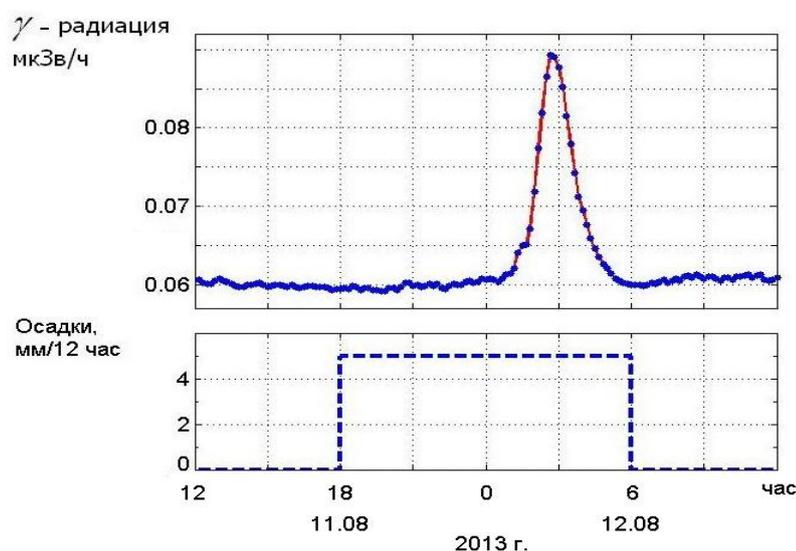


Рисунок 2.1 –Динамика мощности дозы γ -излучения в период выпадения
5 мм дождевых осадков

На рисунке 2.1 показана динамика мощности дозы γ -излучения в период выпадения 5 мм дождевых осадков. Данные по γ -фону получены в Томской обсерватории радиоактивности и ионизирующих излучений (ТОРИИ) ТПУ-ИМКЭС, а по количеству осадков – взяты с сайта Росгидромета. Измерения проводились с использованием блока детектирования γ -излучения БДКГ-03 (Атомтех, Беларусь) на высоте 1 м от земной поверхности производили непрерывные измерения мощности дозы γ -излучения в течение двух суток. Выбор высоты измерения мощности дозы γ -излучения 1 м от земной поверхности обусловлен требованиями к проведению контроля радиационной обстановки для населения. Использование одной и той же высоты измерения обеспечивает сопоставимость результатов измерений для разных территорий, как в России, так и за рубежом.

Видно, что реакция мощности дозы γ -излучения на осадки проявляется в виде аномального всплеска. Во многих странах, в том числе и в России

существует проблема с получением данных об интенсивности осадков. Измеряется только суммарное количество осадков и всего 2 раза в сутки. При этом не известно время начала и конца выпадения осадков [14].

2.1 Выбор радионуклидов

Для дальнейшего исследования влияния осадков на γ -фон было определено, какие ДПР изотопов радона вносят наибольший вклад в атмосферный γ -фон.

Испуская α -частицы, изотопы радона превращаются в твердые радиоактивные изотопы, уже не имеющие отношения к группе инертных газов (Рис. 2.2).

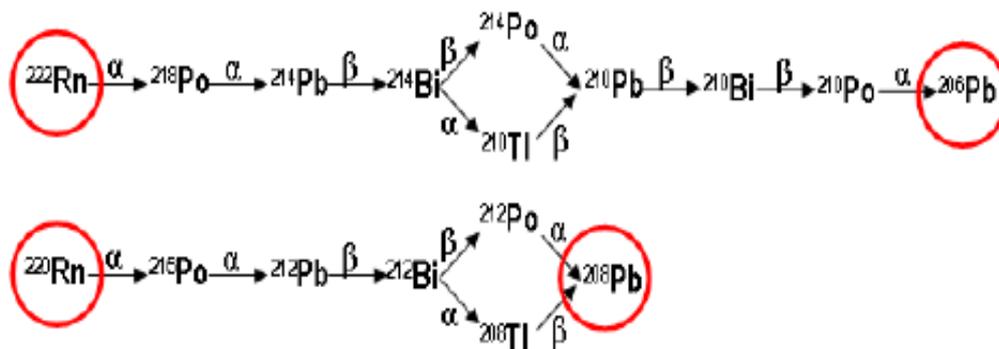


Рисунок 2.2 – Цепочки распада изотопов радона

Выборка производилась на основе ядерно-физических характеристик радона, торона и короткоживущих продуктов их распада (Табл. 2.1). Внимание было обращено на такие характеристики, как вид излучения, период полураспада и выход излучения на один распад [15].

Таблица 2.1 Ядерно-физические характеристики радионуклидов

Элемент	Период полу-распада $T_{1/2}$ / пост-я распада λ	Вид из-лучения	Энергия из-лучения, МэВ	Выход излу-чения на один распад	Интенсивность излучения*, МэВ/расп.
Радон ^{222}Rn	3,823 дня / $2,10 \cdot 10^{-6} \text{ c}^{-1}$	α	5,490	0,999	5,585
Радий А (RaA), ^{218}Po	3,05 мин. / $3,79 \cdot 10^{-3} \text{ c}^{-1}$	α	6,003	1	6,115
Радий В (RaB) ^{214}Pb	26,8 мин. / $4,31 \cdot 10^{-4} \text{ c}^{-1}$	β	1,024(max)	1,663	0,291
		γ	0,295	0,192	
		$\Sigma \gamma$	0,352	0,371	0,249
Радий С (RaC) ^{214}Bi	19,9 мин. / $5,86 \cdot 10^{-4} \text{ c}^{-1}$	β	3,270(max)	0,987	0,648
		γ	0,609	0,461	
		$\Sigma \gamma$	1,120	0,150	1,459
		$\Sigma \gamma$	1,765	0,159	
Радий С' (RaC') ^{214}Po	$1,64 \cdot 10^{-4} \text{ c} /$ $4,23 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$	α	7,687	1	7,834
Торон ^{220}Rn	55,6 с / $1,25 \cdot 10^{-2} \text{ c}^{-1}$	α	6,288	0,999	6,398
Торий А (ThA), ^{216}Po	0,15 с / $4,78 \text{ c}^{-1}$	α	6,779	1	6,907
Торий В (ThB) ^{212}Pb	10,64 ч. / $1,81 \cdot 10^{-5} \text{ c}^{-1}$	β	0,573(max)	1,775	0,104
		γ	0,075	0,107	
		$\Sigma \gamma$	0,077	0,179	0,148
		$\Sigma \gamma$	0,239	0,446	
		$\Sigma \gamma$	0,993	0,993	
Торий С (ThC) ^{212}Bi	60,55 мин. / $1,91 \cdot 10^{-4} \text{ c}^{-1}$	α	6,051	0,359	2,214
		β	2,246(max)	1,057	0,461
		$\Sigma \gamma$		0,283	0,185
Торий С' (ThC') ^{212}Po	$3,05 \cdot 10^{-7} \text{ c} /$ $2,32 \cdot 10^6 \text{ c}^{-1}$	α	8,785	1	8,956
Торий С'' (ThC'') ^{208}Tl	3,07 мин. / $3,79 \cdot 10^{-3} \text{ c}^{-1}$	β	1,795(max)	0,994	0,559
		γ	0,511	0,216	
		$\Sigma \gamma$	0,583	0,858	
		$\Sigma \gamma$	0,860	0,120	
		$\Sigma \gamma$	2,615	0,998	3,359
		$\Sigma \gamma$		2,280	

В связи с этим по виду излучения были отобраны только γ – излучающие радионуклиды. В цепочке ^{222}Rn это ^{210}Pb , период полураспада которого равен 22 года и он не может достигнуть в атмосфере равновесной концентрации. Следовательно им и последующими элементами можно пренебречь.

В итоге было отобрано четыре γ – излучающих радионуклида: Bi^{212} , Bi^{214} , Pb^{212} и Pb^{214} .

2.2 Исследование сдвига радиоактивного равновесия между изотопами радона и продуктами их распада в приземной атмосфере

Для исследования этого вопроса использовалась модель, которая представляет собой систему уравнений, в которой учтены процессы переноса радионуклидов под действием вертикального ветра, молекулярной диффузии, турбулентности и т.д.:

В одномерном случае, когда ось z направлена от поверхности, уравнение записывается следующим образом:

$$\begin{cases} (D_{M_i} + D_T) \frac{d^2 A_i(z)}{dz^2} - v_w \frac{d}{dz} A_i(z) - \lambda_i A_i(z) = 0, \text{ для } i = 1, 6; \\ (D_{M_i} + D_T) \frac{d^2 A_i(z)}{dz^2} - v_d \frac{d}{dz} A_i(z) + \lambda_i A_{i-1}(z) - \lambda_i A_i(z) = 0, \\ \text{для } i = 2 - 5, 7 - 11; \end{cases} \quad (1)$$

Краевые условия:

$$\begin{cases} -(D_{M_i} + D_T) \frac{dA_i(z)}{dz} \Big|_{z=0} + v_w A_i(z) \Big|_{z=0} = q, \text{ для } i = 1, 6; \\ (D_{M_i} + D_T) \frac{dA_i(z)}{dz} \Big|_{z=0} + v_d A_i(z) \Big|_{z=0} = 0, \text{ для } i = 2 - 5, 7 - 11; \\ A_i(z) \rightarrow 0, z \rightarrow \infty. \end{cases} \quad (2)$$

Здесь: $A_i(z)$ – функция объемной активности i го радионуклида, Бк/м³; индексы $i = 1-5$ соответствуют радону ²²²Rn и продуктам его распада, соответственно ²¹⁸Po (RaA), ²¹⁴Pb (RaB), ²¹⁴Bi (RaC) и ²¹⁴Po (RaC'); индексы $i=6-11$ соответствуют торону ²²⁰Rn и продуктам его распада, соответственно ²¹⁶Po (ThA), ²¹²Pb (ThB), ²¹²Bi (ThC), ²¹²Po (ThC') и ²⁰⁸Tl (ThC''); q_i -плотность потока радона ($i = 1$)($q_1= 10$ мБк/м²с) и торона ($i = 6$) ($q_2=1$ Бк/м²с) с поверхности грунта, Бк·м⁻²·с⁻¹; D_M – коэффициент молекулярной диффузии (0,01-1), м²/с; D_T – коэффициент турбулентности атмосферы, м²/с; $v_d = v_w + v_F + v_R$; v_w – вертикальная составляющая скорости ветра, м/с; v_F – скорость осаждения под действием силы тяжести, м/с; v_R – скорость вымывания аэрозольных частиц из атмосферы осадками, м/с; λ_i – постоянная распада i го радионуклида, z -высота до атмосферного облака (300м) с⁻¹; $j = 1$ соответствует изотопу радона, а $j = 2, 3, \dots$ – ДПР [5].

Для моделирования был выбран экспериментально определенный коэффициент диффузии радона в воздухе, равный $0,12 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1}$. Коэффициенты диффузии ^{218}Po и ^{214}Pb находятся в диапазоне $0,01\text{--}0,1 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1}$. Использовался коэффициент турбулентной диффузии $0,1 \text{ м}^2 \text{ с}^{-1}$. Расчеты динамики мощности дозы γ -излучения проводились методом Монте-Карло.

На Рисунке 2.3 а и б представлены результаты моделирования:

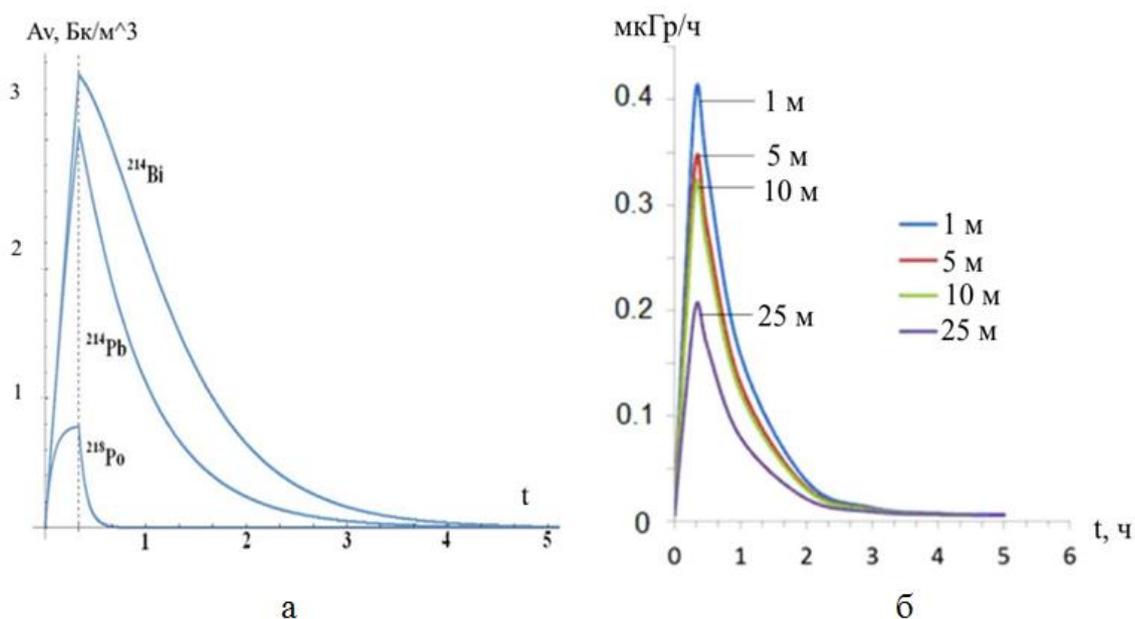


Рисунок 2.3 – Динамика изменения а) активности и б) мощности дозы γ -излучения радона и продуктов его распада в атмосфере

Как видно на рисунке (Рис. 2.3) наибольший вклад в общую объемную активность приземной атмосферы вносит α -излучающий ^{218}Po и γ -излучающие ^{214}Pb и ^{214}Bi , которые были осажены на поверхность Земли из-за осадков. Пунктирная линия обозначает конец осадков. Продукты распада изотопов радона, нанесенных на поверхность Земли, вызывают всплески мощности дозы γ -излучения (Рис. 2.3 б). Можно видеть, что радиоактивный распад осажденных ДПР радона продолжается в течение 3,5–4 ч (Рис. 2.3 а). Амплитуда мощности дозы γ -излучения снижаются с увеличением высоты положения детектора. Результаты моделирования также позволяют визуализировать данные мониторинга γ -излучения. А именно, можно определить начало, продолжительность и конец осадков, а также количество осадков по количеству

зарегистрированных максимумов. Атмосферный γ -фон начинает уменьшаться только тогда, когда осадки прекращаются.

При моделировании динамики изменения активности γ -излучения радона и продуктов его распада в атмосфере было определено, что дочерние продукты распада торона вносят очень небольшой вклад в суммарную объёмную активность (Рис. 2.4).

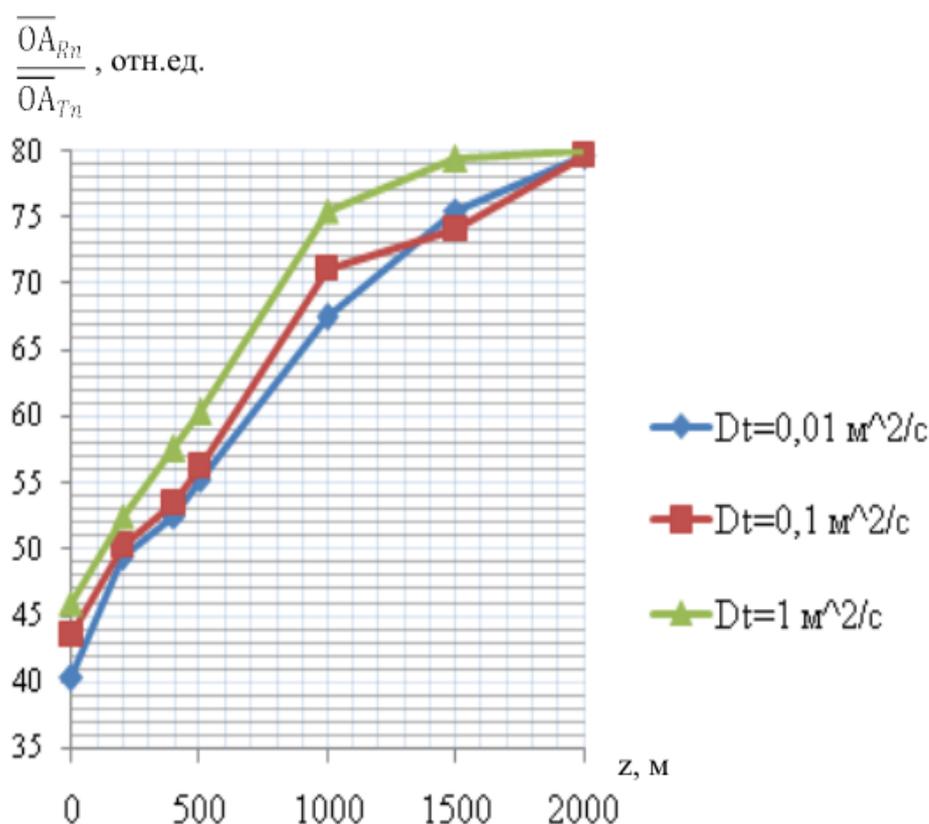


Рис. 2.4—Зависимость отношения интегральной активности радона и торона от высоты, при разной величине турбулентной диффузии .

На данном графике была построена зависимость величины отношения интегральных активностей радона и торона от высоты, при различных турбулентных диффузиях (1-0,01) . График показывает, что вклад в суммарную интегральную активность от радона больше торона в $40 \div 80$ раз. Следовательно, в последующем исследовании мы можем пренебречь ДПР торона, то есть Bi^{212} и Pb^{212} .

Также, найдены средние значения объёмных активностей продуктов распада радона, которые вносят наибольший вклад в атмосферную объёмную активность $A_{Bi-214}^{am} = 3,04 \text{ Бк/м}^3$, $A_{Pb-214}^{am} = 3,04 \text{ Бк/м}^3$.

2.3 Моделирование атмосферных полей γ - излучения

Моделирование данного процесса проводилось с помощью метода Монте-Карло в программе Компьютерная лаборатория (КЛ/PCLab). В таблицах 1 и 2 представлены состав грунта и атмосферы, используемых в моделировании.

Таблица 2.2 Состав грунта для моделирования

Элемент	Атомный номер Z	Массовое число A	Весовая доля %
O	8	16	43,2
Si	14	28,09	20,2
Al	13	27	14,4
C	6	12	10,6
Fe	26	55,85	9,2
H	1	1,008	1,5
Ti	22	47,9	0,7
Mg	12	24,31	0,2

Таблица 2.3 Состав атмосферы для моделирования

Элемент	Z	A	W, весовая доля элементов вещества
N	7	14,00	0,755
O	8	16,00	0,232
Ar	18	39,95	$1,92 \cdot 10^{-2}$

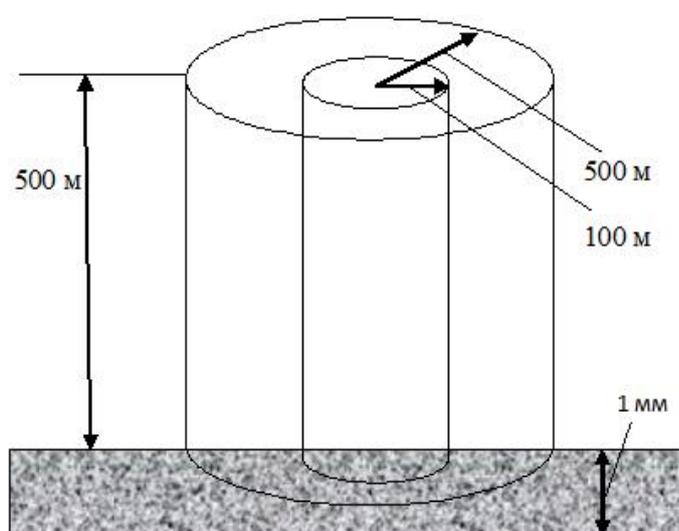


Рисунок 2.5 – Геометрия моделирования создаваемой на разных высотах мощности дозы на единичную активность радионуклида

Для расчетов была задана цилиндрическая геометрия (Рис. 2.5). Радиус 500 м был выбран, чтобы учесть проникающую способность фотонов в воздухе. Чтобы избавиться от влияния краевых эффектов на конечный результат, был сформирован внутренний цилиндр радиусом 100 м. Слой грунта взят толщиной 1 мм, т.к., предположительно, осевшие с осадками на земную поверхность радионуклиды не успевают впитаться с водой в поры в грунта. Пористость грунта была взята 40% и поры грунта полностью заполнены водой. Высота в которой проводились расчеты была взята 500 м.

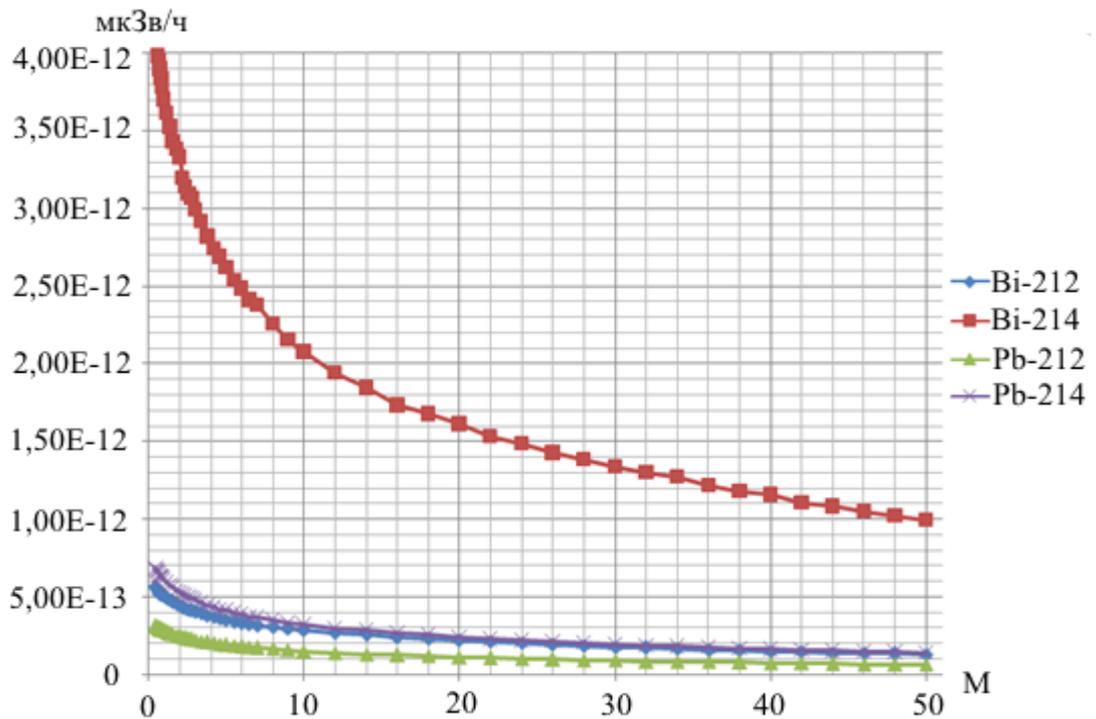


Рисунок 2.6 – Изменение с высотой D_γ

Результаты расчетов приведены на рисунке 2.6. Мощность дозы рассчитана на единичную удельную активность радионуклидов находящихся в почве. Мощность дозы γ -излучения экспоненциально уменьшается с ростом высоты.

Также как и с моделированием динамики изменения активности γ -излучения радона и продуктов его распада в атмосфере, можно заметить, что наибольший вклад в мощность дозы γ -излучения, вносят два радионуклида $\dot{H}_{Pb-214} = 9,75 \cdot 10^{-3}$ (мкЗв/ч)/(Бк/м³) и $\dot{H}_{Bi-214} = 5,51 \cdot 10^{-2}$ (мкЗв/ч)/(Бк/м³).

2.5 Расчет интенсивности дождевых осадков

В результате анализа процессов переноса излучения была разработана формула, для нахождения интенсивности дождевых осадков:

$$I = \frac{\dot{H}_{end} - \dot{H}_0}{t_{end} \cdot k \cdot (\dot{H}_{Pb-214} A_{Pb-214}^{atm} + \dot{H}_{Bi-214} A_{Bi-214}^{atm})}, \quad (3)$$

где: I – интенсивность дождевых осадков, м/с;

\dot{H}_{end} – измеренное значение мощности дозы γ -излучения в момент времени t_{end} , Зв/с;

t_{end} – время нарастания мощности дозы γ -излучения до ее максимального значения \dot{H}_{end} , с;

\dot{H}_0 – измеренное фоновое значение мощности дозы γ -излучения до начала дождевых осадков, Зв/с;

k – коэффициент абсолютной вымывающей способности дождя, равный 36, 1/м (10^{-5} ч/(мм·с));

\dot{H}_{Pb-214} и \dot{H}_{Bi-214} – значения мощности дозы γ -излучения на высоте ее измерения, создаваемые короткоживущими продуктами распада радона ^{214}Pb и ^{214}Bi , осажденными на земную поверхность дождевыми осадками, (Зв/с)/(Бк/м³);

A_{Pb-214}^{atm} и A_{Bi-214}^{atm} – средние значения объемных активностей короткоживущих продуктов распада радона ^{214}Pb и ^{214}Bi в приземной атмосфере, Бк/м³.

Для расчета реальной интенсивности дождевых осадков рассмотрим динамику мощности дозы γ -излучения из рисунка 2.1:

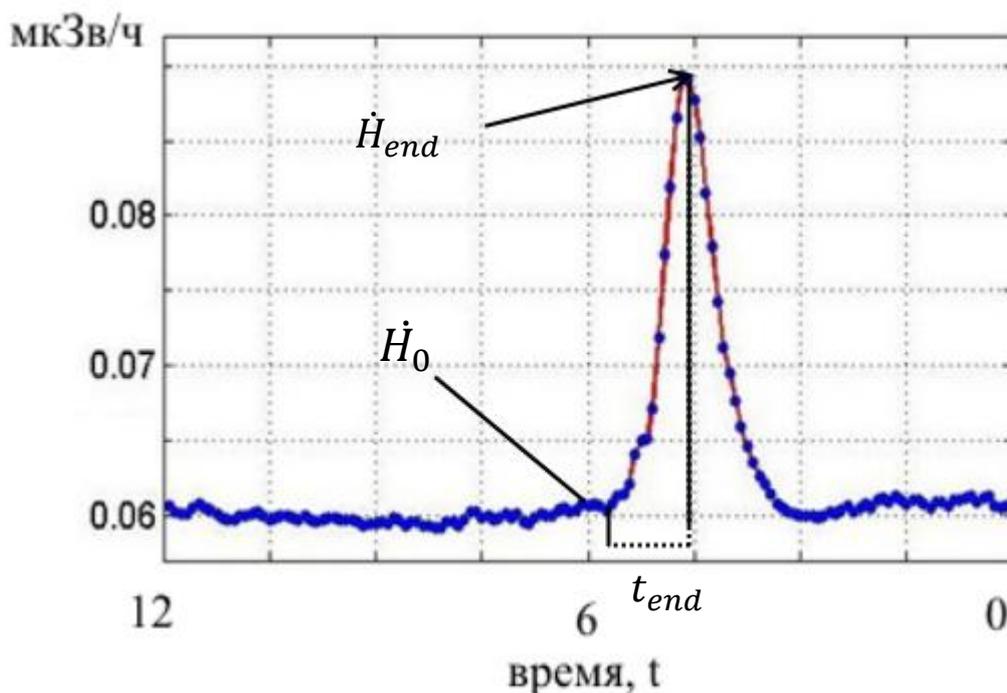


Рисунок 2.7 – Динамика мощности дозы γ -излучения

Все необходимые для уравнения величины были взяты из Рисунка 2.7. Фоновое значение мощности дозы, как видно на графике, γ -излучения \dot{H}_0 до

начала дождевых осадков составило 0,06 мкЗв/ч, максимальное значение мощности дозы γ -излучения \dot{H}_{end} составило 0,09 мкЗв/ч, время нарастания t_{end} мощности дозы γ -излучения от фонового до максимального значения составило 2,11 ч.

Также с помощью моделирования динамики изменения активности γ -излучения радона и продуктов его распада в атмосфере были найдены средние значения объёмных активностей продуктов распада радона $A_{Bi-214}^{am} = 3,04$ Бк/м³, $A_{Pb-214}^{am} = 3,04$ Бк/м³, а при моделирование атмосферных полей γ -излучения была найдена мощность дозы на единичную активность радионуклидов. При численном переводе на мощность дозы в единице объема были получены результаты: $\dot{H}_{Pb-214} = 9,75 \cdot 10^{-3}$ (мкЗв/ч)/(Бк/м³) и $\dot{H}_{Bi-214} = 5,51 \cdot 10^{-2}$ (мкЗв/ч)/(Бк/м³)

Подставляя все найденные значения в формулу (3) находим значение реальной интенсивности дождевых осадков:

$$I = \frac{0,09 - 0,06}{2,11 \cdot 36 \cdot 10^{-3} (9,75 \cdot 10^{-3} \cdot 3,04 + 5,51 \cdot 10^{-3} \cdot 3,04)} = 2,01 \text{ мм/ч}$$

А если пересчитать данные Росгидромета на реальное время выпадения осадков 2,11 ч, определенное предложенным способом, то получится, что интенсивность дождевых осадков составляет 2,37 мм/ч

$$5 / 2,11 = 2,37 \text{ мм/ч}$$

По разработанной схеме также были рассчитаны интенсивности выпадения дождевых осадков за периоды в 2013 и 2012 году (Рис 2.8, Рис. 2.9)

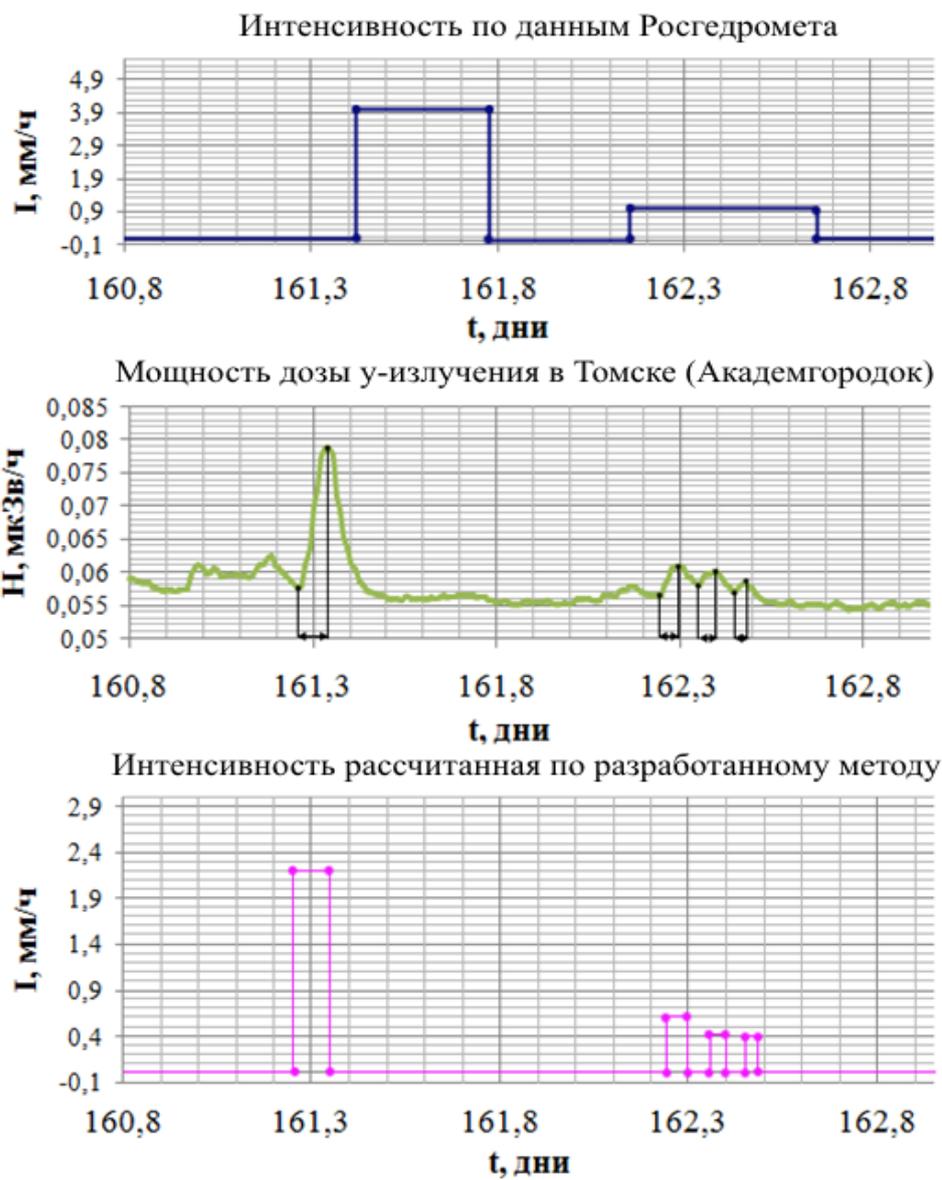


Рисунок 2.8 – Рассчитанная интенсивность выпадения дождевых осадков с 9 по 11 июня 2013

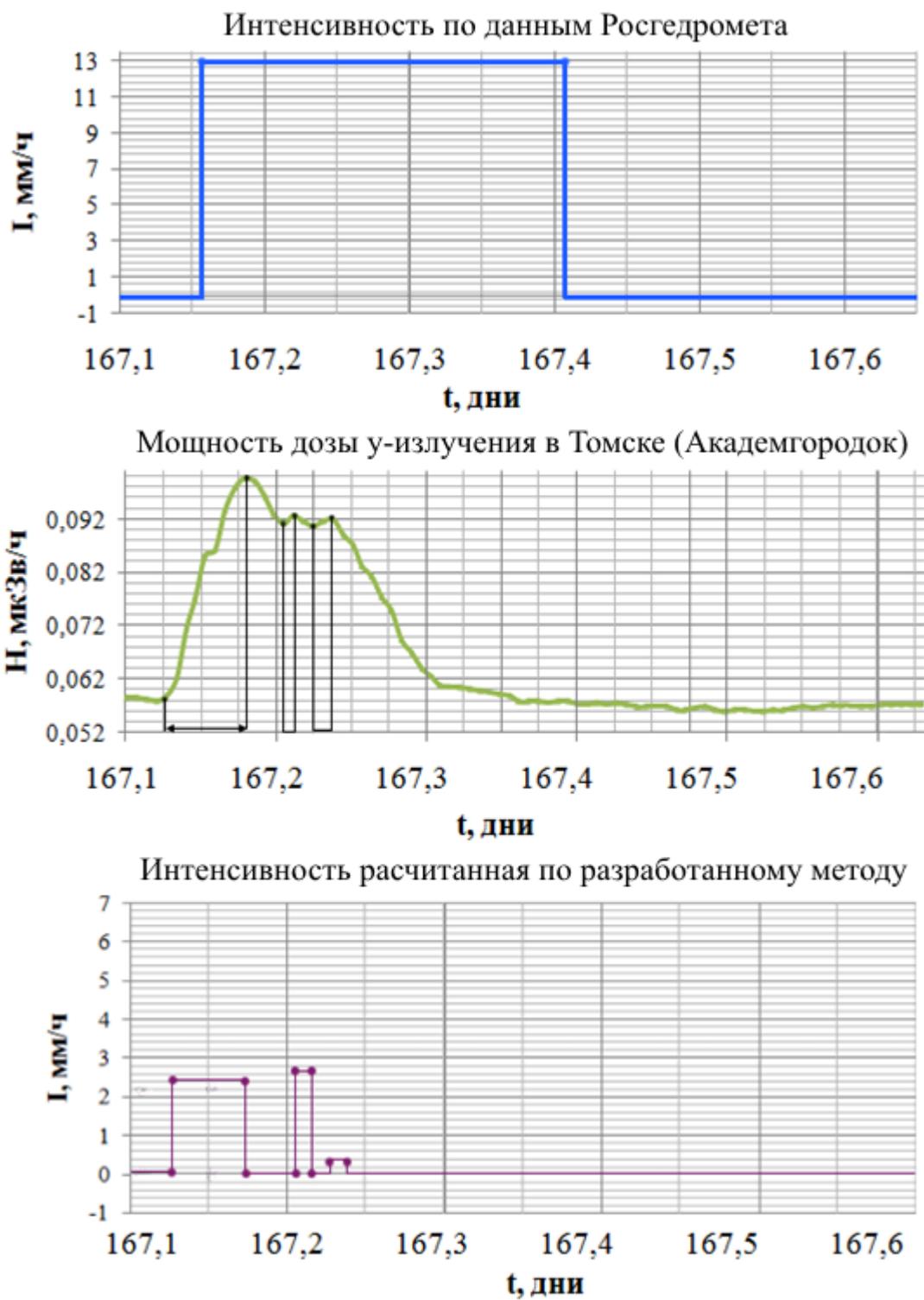


Рисунок 2.9 – Рассчитанная интенсивность выпадения дождевых осадков за 16 июня 2012

2.6 Корреляционный анализ

В конце исследования была рассчитана корреляция. Для корреляции количества осадков и мощности дозы. Бралась единицы мм (за все время одного дождя) и мкЗв/ч (максимум над уровнем фона до дождя). Для корреляции мощности дозы и реал. интенсивности - мкЗв/ч(максимум над уровнем фона до дождя) и мм/ч (рассчитанные разработанным методом).

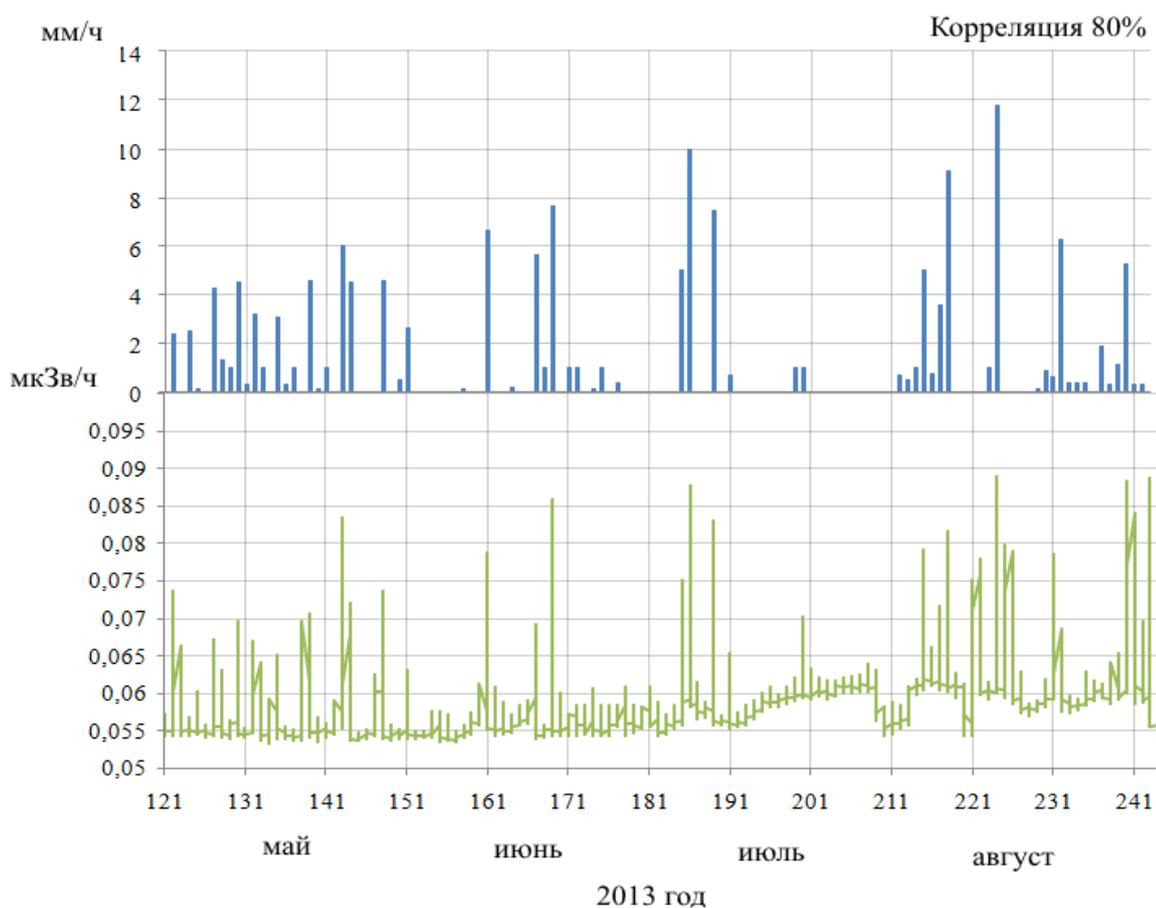


Рисунок 2.10 – Корреляция интенсивности (рассчитанной разработанным методом) с мощностью дозы γ -всплеска.

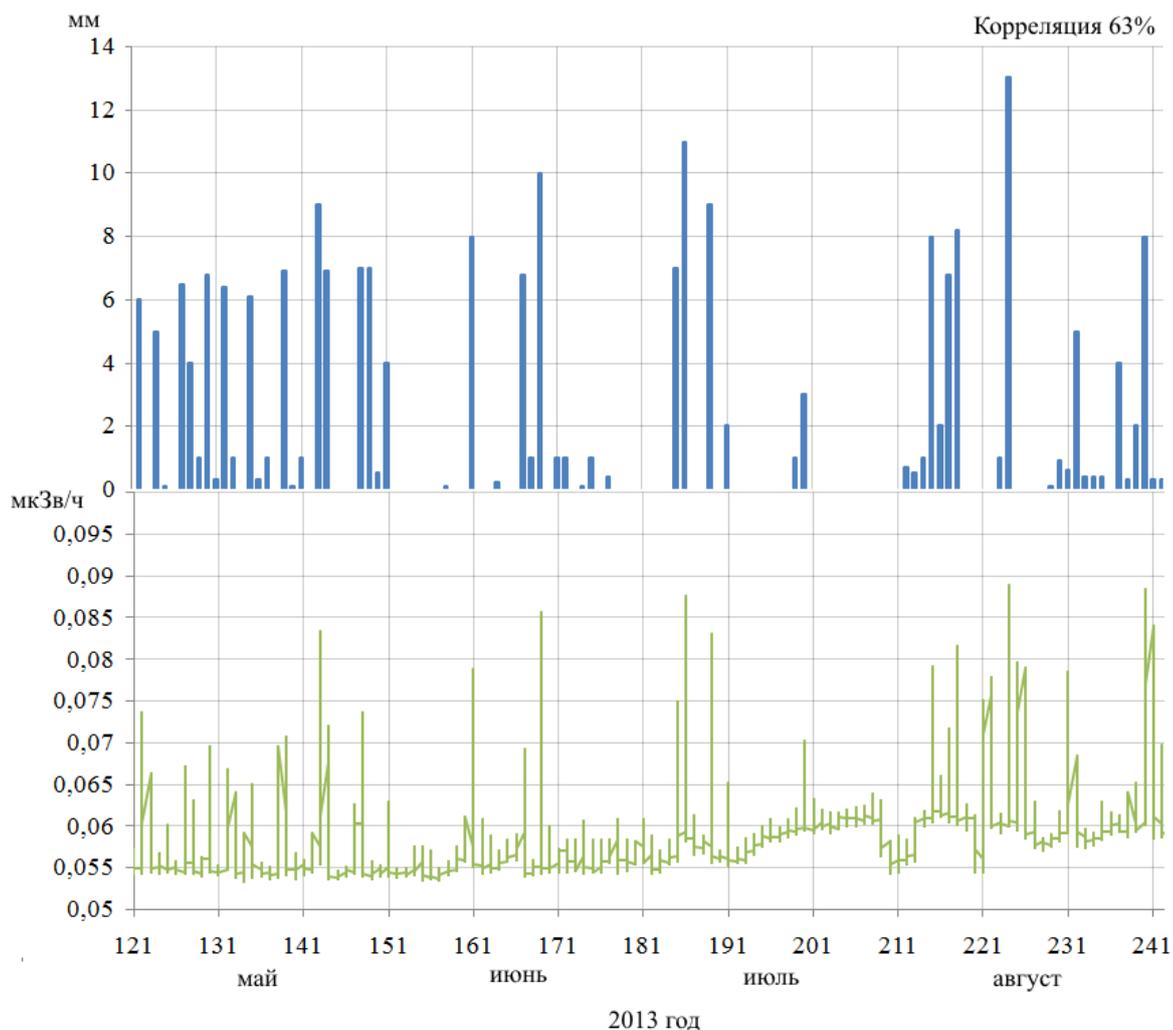


Рисунок 2.11 – Корреляция количества осадков с мощностью дозы γ -всплеска

Анализ результатов расчета (Рис. 2.10 и 2.11.) показал, что величина мощности дозы γ -всплеска коррелирует с величиной интенсивности выпадения дождевых осадков, рассчитанных с помощью разработанного метода, гораздо лучше (80%), чем с величиной количества осадков (63%).

Из данных результатов можно сделать вывод, что зависимость между интенсивностью выпадения дождевых осадков и мощностью дозы γ -всплеска прорисовывается гораздо ярче, чем с количеством осадков.

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А3А	Павлюкевич Матвею Павловичу

Институт	ФТ	Кафедра	ПФ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Радиационная безопасность человека и окружающей среды

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Затраты на спецоборудование 1 025 руб. Основная заработная плата исполнителей темы 78 880 руб. Дополнительная заработная плата исполнителей темы 7 887 руб. Отчисления во внебюджетные фонды 23 513 руб. Накладные расходы 14 046 руб.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Тариф на промышленную электроэнергию 5,8 за 1 кВт·ч Районный коэффициент города Томска -1,3
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Размер страховых взносов - 30%. Пониженная ставка - 27,1%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценочная карта конкурентных технических решений
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Иерархическая структура работ
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка конкурентоспособности технических решений Матрица SWOT График проведения и бюджет НИ Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	21.03.2017
---	------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3А	Павлюкевич Матвей Павлович		

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Выпускная квалификационная работа (ВКР) – это работа научного характера, связанная с научным поиском, проведением исследований с целью получения научных обобщений, изыскания принципов и путей создания (модернизации) продукции, она включают в себя:

1) фундаментальные исследования, выполняемые с целью расширения научных знаний, явлений и закономерностей их развития безотносительно к их конкретному практическому применению;

2) поисковые исследования, выполняемые с целью нахождения путей использования выявленных явлений и закономерностей в конкретной области науки и техники для создания принципиально новых изделий, материалов и технологий;

3) прикладные исследования, направленные на решение научных проблем, совершенствование методов с целью получения конкретных результатов, используемых в опытно-конструкторских разработках при создании научно-технической продукции (в том числе технических средств обучения).

3.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В прошлом была найдена зависимость влияния интенсивности осадков на радиационный фон в приземной атмосфере. В данной работе была определена обратным способом интенсивность дождевых осадков в приземном слое атмосферы по измеренной мощности дозы γ -излучения. Заинтересованность в проекте могут проявить различные метеорологические и геологические организации, а так же оперативные радиологические службы. Исследуя рынок потенциальных потребителей, можно выделить ряд предприятий, которым потенциально интересны результаты исследований

- Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Москва;
- ФГУП Аварийно-технический центр Минатома России;

- Сибирская Геологическая Ассоциация, Новосибирск;
- Томский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Томск.

3.2. Анализ конкурентных технических решений

Для проведения анализа конкурентоспособности разработки будет использоваться оценочная карта, приведенная в таблице 3.1. В качестве конкурирующей разработки был принят оптико-акустико-электронный прибор (К1). Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять единицу.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (3.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Из данного анализа можно судить о явном преимуществе использования способа определения интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы по измеренной мощности дозы γ -излучения.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		B_{ϕ}	B_{K1}	K_{ϕ}	K_{K1}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Достоверность полученных данных	0,33	5	3	1,65	0,99
2. Помехоустойчивость	0,2	4	2	0,8	0,4
3. Надежность	0,1	4	3	0,4	0,3
4. Простота эксплуатации	0,15	5	4	0,75	0,6
5. Удобство в эксплуатации	0,14	5	3	0,7	0,42
6. Энергоэкономичность	0,08	4	5	0,32	0,4
Итог:	1	-	-	4,62	3,11

Как показал анализ конкурентных технических решений, использование способа определения интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы по измеренной мощности дозы γ -излучения наиболее конкурентоспособно, так как данный метод лидирует по нескольким показателям, таким, как достоверность данных, помехоустойчивость и удобство в эксплуатации.

3.3 SWOT-анализ

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

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

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей.

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

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

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

В таблице 3.2 представлен SWOT-анализ в виде таблицы, так же показаны результаты пересечений сторон, возможностей и угроз.

Таблица 3.2 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>–С1. Достоверность полученных данных;</p> <p>–С2. Высокая помехоустойчивость;</p> <p>–С3. Относительно невысокая стоимость детекторов, используемых в данном методе;</p> <p>–С4. Расширение границ применимости.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>– Сл1.Необходимость в дополнительных математических расчетах;</p> <p>– Сл2. Появление "ложных пиков" мощности дозы γ-излучения;</p> <p>–Сл3. Необходимость нахождения детектора γ-излучения в области выпадения осадков.</p>
<p>Возможности:</p> <p>– В1. Развитие сейсмологии расширит рынок, что повысит интерес к данной методике;</p> <p>– В2. Уменьшение стоимости γ-детекторов ;</p> <p>–В3.</p>	<p>1. Повышенная достоверность данных и высокая помехоустойчивость значительно увеличивает шансы выхода на новые рынки.</p> <p>2. Уменьшение стоимости γ-детекторов и их усовершенствование позволит расширить</p>	<p>1. Развитие сейсмологии и уменьшение стоимости γ-детекторов позволит увеличить количество детекторов для расширения области измерения мощности дозы;</p> <p>2. Усовершенствование γ-детекторов приведет снижению количества</p>

Усовершенствование γ -детекторов, для отсеивания "ложных пиков".	границы применимости	"ложных пиков".
<p>Угрозы:</p> <p>– У1. Высокая конкуренция из-за модернизации оптико-акустико-электронного прибора;</p> <p>–У2. Не востребованность на рынке, из-за привязанности клиентов к использованию старых и проверенных;</p> <p>–У3. Усовершенствование осадкомеров и дождемеров, вследствие развития метеорологии.</p>	<p>1. Расширение границ применимости позволит выйти из границ метеорологии и обратить внимание на новые рынки;</p> <p>2. Высокая достоверность в совокупности с невысокой стоимостью данных значительно повышает конкурентоспособность;</p> <p>3. Повышение востребованности у клиентов с помощью высокой помехоустойчивости.</p>	<p>1. Разработка ПО для математических расчетов и отсеивания "ложных пиков" позволит значительно повысить конкурентоспособность товара на рынке;</p> <p>2. Уменьшение стоимости γ-детекторов позволит закупить дополнительное количество детекторов для расширения области измерения мощности дозы, что приведет к повышению спроса на данную методику.</p>

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

3.4. Планирование ВКР

Выпускные квалификационные работы разбиваются на этапы в соответствии с ГОСТ 15.101-98. В зависимости от характера и сложности ВКР ГОСТ допускает разделение этапов на отдельные виды работ.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться от 3 до 15 человек. В рамках данной работы была сформирована рабочая группа, в состав которой вошли:

- руководитель;
- студент.

– В данном разделе составлен перечень этапов и работ по выполнению НИР, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок этапов и работ при выполнении ВКР приведен в таблице 4.3.

Таблица 3.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Работ	Содержание работы	Исполнитель
Разработка технического задания на НИР	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Поиск материалов по теме: "Влияние радона и его ДПР на радиационный фон в приземной атмосфере"	Студент
	3	Выбор направления исследования	Руководитель
	4	Разработка общей методики	Руководитель

Основные этапы	№ Работ	Содержание работы	Исполнитель
		проведения исследований	
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Студент
Теоретические исследования	6	Изучение документации, поиск литературы	Студент
	7	Поиск статей в журналах по тематике: "Влияние осадков на рад. фон в приземной атмосфере"	Студент
Проведение расчетов	8	Получение данных мощности дозы γ -излучения в приземной атмосфере и данных ИМКЭС	Руководитель Студент
	9	Создание графических зависимостей интенсивности осадков и мощности дозы γ -излучения в приземной атмосфере	Студент
	10	Анализ и описание результатов	Студент
Оформление отчета по ВКР	11	Проверка полученных результатов с	Руководитель

Основные этапы	№ Работ	Содержание работы	Исполнитель
		данными с ИМКЭС	
	12	Составление пояснительной записки	Студент
Оформление отчета по ВКР	13	Подготовка к защите	Руководитель Студент

Следующим этапом является определение трудоемкости выполнения НИР. Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости работ используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5}, \quad (3.2)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, (чел.-дн.);

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3.3)$$

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

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, (чел.-дн.);

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

В ходе данной работы количество человек, выполнявших каждую из работ на каждом из этапов, равняется одному.

3.5. Разработка календарного плана работ

Затем был разработан календарный план работ. В ходе данной работы был построен ленточный график проведения ВКР в форме диаграмм Ганга.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k; \quad (3.4)$$

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

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

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

Расчёт коэффициента календарности производится по следующей формуле: $k = \frac{T_{кз}}{T_{кз} - T_{вд} - T_{нд}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22;$ (3.5)

где $T_{кз}$ – количество календарных дней в году, ($T_{кз} = 365$ дн.);

$T_{вд}$ – количество выходных дней в году, ($T_{вд} = 52$ дн.);

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

Расчетные данные сведены в таблице 4.4, на основании которой был построен календарный план–график.

Таблица 3.4– Временные показатели проведения ВКР

№ работы	Исполнитель	Грудоемкость работ, чел-дни			Численность исполнителей, чел	Длительность работ, дн.	
		t_{mini}	t_{maxi}	$t_{ожи}$		$Ч_i$	T_{pi}
1	Руководитель	2	3	2,4	1	2,4	2,93
2	Студент	1	3	1,8	1	1,8	2,2
3	Руководитель	2	3	2,4	1	2,4	2,93
4	Руководитель	3	6	4,2	1	4,2	5,12
5	Руководитель, Студент	2	4	2,8	2	1,4	1,7
6	Студент	3	4	3,4	1	3,4	4,15
7	Студент	3	7	4,6	1	4,6	5,6
8	Руководитель Студент	4	8	5,6	2	2,8	3,42
9	Студент	3	6	4,2	1	4,2	5,12
10	Студент	3	6	4,2	1	4,2	5,12
11	Руководитель	1	2	1,4	1	1,4	1,7
12	Студент	5	10	7	1	7,0	8,54
13	Руководитель Студент	2	3	2,4	2	1,2	1,46
Итого		34	65	46,4	–	28/16	50

На основании полученных данных был построен план–график в виде диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

№ работы	Исполнитель	T_k	Продолжительность выполнения работ										
			Февраль		Март			Апрель					
			2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Руководитель	2,93											
2	Руководитель, Студент	2,2											
3	Руководитель	2,93											
4	Руководитель	5,12											
5	Руководитель, Студент	1,7											
6	Студент	4,15											
7	Студент	5,6											
8	Руководитель, Студент	3,42											
9	Студент	5,12											
10	Студент	5,12											
11	Руководитель	1,7											
12	Студент	8,54											
13	Руководитель, Студент	1,46											

Таблица 3.5– Календарный план–график в виде диаграммы Ганта

 – Руководитель
  – Дипломник

3.6. Определение плановой себестоимости проведения ВКР

Определение затрат на выполнение ВКР производится путем составления калькуляции по отдельным статьям затрат всех видов необходимых ресурсов. Калькуляция является основным документом, на основании которого осуществляется планирование и учет затрат на научные исследования.

Калькуляция плановой себестоимости проведения ВКР составляется по следующим статьям затрат:

- Материалы;
- Отчисления во внебюджетные фонды;
- Спецоборудование для научных и экспериментальных работ;
- Затраты на оплату труда работников, непосредственно участвующих в ВКР;
- Работы, выполняемые сторонними организациями;
- Накладные расходы;

Все статьи, кроме накладных расходов, относятся к прямым затратам. Величину прямых затрат, как правило, следует определять прямым счетом, это затраты, связанные непосредственно с выполнением конкретной ВКР, остальные затраты рассчитываются косвенным способом, это затраты на содержание аппарата управления, общетехнических и общехозяйственных служб, они объединяются в статью «Накладные расходы».

3.6.1. Затраты на спецоборудование для научных работ

В данной работе спецоборудование не приобреталось, а использовалось уже имеющееся, поэтому затраты по данной статье калькуляции входят в общую себестоимость в виде амортизационных отчислений, сумма которых определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot C \cdot T_0}{365 \cdot 100\%} \quad (3.6.1)$$

где A – амортизационные отчисления, руб.;

C – стоимость используемого оборудования, руб.;

$H_A = 33$ – годовая норма амортизации, % (компьютеры принадлежат ко второй группе амортизации);

T_0 – время использования оборудования, сутки.

Результат расчёта затрат на спецоборудование сведён в таблицу (3.6).

Таблица 3.6 – Затраты на специальное оборудование

Наименование оборудования	Кол-во	C , руб.	H_A , %	T_0 , дни	A , руб.
Персональный компьютер	1	40500	33	28	1830
Итого					1025

3.6.2. Затраты на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИР

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

$$Z_{zn} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (3.6.2)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата научного руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}; \quad (3.6.3)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}; \quad (3.6.4)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 24 рабочих дня, $M = 11,2$ месяца, 5–дневная неделя;
- при отпуске в 48 рабочих дней, $M = 10,4$ месяца, 6–дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно–технического персонала (в рабочих днях), таблица 4.7.

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}, \quad (3.6.5)$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

В общем виде получаем:

$$Z_{\text{осн}} = \frac{Z_{\text{тс}} \cdot k_{\text{р}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \cdot T_{\text{раб.}} \quad (3.6.6)$$

Таблица 3.7– Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
– выходные дни	52	52
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
– отпуск	48	62
– невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	237

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

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

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

В таблице (3.8) приведены результаты расчётов заработных плат всех исполнителей НИР.

Таблица 3.8 – Заработная плата исполнителей НИР

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м,руб}$	$Z_{дн, руб.}$	$T_{р,раб.дн.}$	$Z_{осн, руб.}$
Руководитель	36800	0,3	0,3	1,3	69920	2312	16	36992
Студент	9893	0,3	0,3	1,3	18795	1496	28	41888
Итого:								78880

3.6.3 Дополнительная заработная плата

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.).

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн} \quad (3.6.7)$$

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

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты ($k_{доп} = 0,1$);

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

В таблице 3.9 приведен расчёт основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 3.9 – Заработная плата исполнителей НИР

Заработная плата	Руководитель	Студент
Основная зарплата, руб/мес.	36992	41888
Дополнительная зарплата, руб	3699	4188
Итого:	40691	46076

3.6.4. Отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды)

Отчисления во внебюджетные фонды составляют 30% от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИР, и вычисляются по формуле:

$$C_{\text{ОВФ}} = K_{\text{ОВФ}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}); \quad (3.6.7)$$

где $K_{\text{ОВФ}}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

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

Тогда, отчисления составят следующую сумму (таблица 3.10).

Таблица 3.10 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	36992	3699
Студент	41888	4188
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого: 23513		

3.6.5. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями

Необходимо учесть расходы за работы выполняемые сторонними организациями. Эти расходы включают распечатку и переплет. Всего распечатано 100 страниц (3 руб. за каждый) и 49 руб. за переплет:

$$C_{\text{стор}} = 100 \cdot 3 + 49 = 349 \text{ руб.}$$

3.6.6. Накладные расходы

Затраты на электроэнергию для работы компьютера рассчитываются по формуле:

$$C = C_{\text{эл}} \cdot P \cdot F_{\text{об}} \quad (3.6.8)$$

где $C_{\text{эл}} = 5,8$ – тариф на электроэнергию, руб/(кВт · ч);

$F_{\text{об}} = 28 \cdot 6 = 168$ – время использования оборудования, (ч).

При выполнении работы использовался персональный компьютер со средней мощностью 350 Вт(0,35 кВт). Если предположить, что вся работа выполнялась на нем, то, согласно таблице (3.4), всего было израсходовано (50 календарных дней, шестичасовой рабочий день):

$$E_{\text{ПК}} = P \cdot F_{\text{об}} = 0,35 \cdot 168 = 58,8 \text{ кВт};$$

тогда стоимость потраченной электроэнергии равна:

$$C = C_{\text{эл}} \cdot E = 5,8 \cdot 58,8 = 341 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + A), \quad (3.6.9)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных берем в размере 16%.

$$C_{\text{накл}} = (86767 + 1025) * 0,16 = 14046 \text{ руб.}$$

3.6.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Полученные данные по отдельным статьям затрат с калькуляцией плановой себестоимости НИР приведены в таблице (3.11).

Таблица 4.11– Данные по калькуляции плановой себестоимости НИР

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Затраты на электроэнергию	341
Затраты на спецоборудование (амортизация)	1025
Затраты на оплату труда работников, непосредственно занятых созданием НИР	86767
Отчисления во внебюджетные фонды	23513
Работы, выполняемые сторонними организациями	349
Накладные расходы	14046
Итого себестоимость НИР $C_{окр}$	128041

Таким образом, работы, выполняемые сторонними организациями, имеют наименьшую сумму затрат. Заработная плата людей, непосредственно занятых выполнением работ НИР, является наибольшей статьёй затрат и составляет 67,7 % от себестоимости НИР. Себестоимость проведение НИР составляет сумму в 128041 руб. [16].

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{фин}^{испi} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (3.7.1)$$

где $I_{фин}^{испi}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

Исп.1 - использование метода нахождения интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы по измеренной мощности дозы γ -излучения, Исп. 2 - использование оптико-акустико-электронного прибора.

$$I_{фин}^{Исп1} = \frac{128041}{145681} = 0,87$$

$$I_{фин}^{Исп2} = \frac{10917}{11864} = 0,92$$

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

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i * b_i, \quad (3.7.2)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 3.11), где Исп.1 - использование метода нахождения интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы по измеренной мощности дозы γ -излучения, Исп.2 - использование оптико-акустико-электронного прибора [17].

Таблица 3.11 – Оценка характеристик исполнения проекта

Критерии / Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Оценка Исп. 1	Оценка Исп.2
1. Достоверность полученных данных	0,3	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,2	5	3
3. Помехоустойчивость	0,15	4	3
4. Энергосбережение	0,1	4	5
5. Надежность	0,1	4	4
6. Простота эксплуатации	0,15	5	4
Итог:	1	-	-

$$I_{p-Исп.1} = 5 * 0,3 + 5 * 0,2 + 4 * 0,15 + 4 * 0,1 + 4 * 0,1 + 4 * 0,15 = 4,5$$

$$I_{p-Исп.2} = 3 * 0,3 + 3 * 0,2 + 3 * 0,15 + 5 * 0,1 + 4 * 0,1 + 4 * 0,15 = 3,25$$

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

$$I_{испi} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финр}} \quad (3.7.3)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 4.12) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (3.7.4)$$

Таблица 3.12- Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп. 1	Исп. 2
1.	Интегральный финансовый показатель разработки	0,87	0,92
2.	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,25
3.	Интегральный показатель эффективности	5,17	3,53
4.	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,46	0,68

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Как видно из расчетов, использование метода нахождения интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы по измеренной мощности дозы γ -излучения является наиболее оптимальным и целесообразным.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0А3А	Павлюкевич Матвею Павловичу

Институт	ФТИ	Кафедра	ПФ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии / Радиационная безопасность человека и окружающей среды

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:</i>	– вредных факторов производственной среды: повышенный уровень электромагнитных полей, отклонение показателей микроклимата от оптимальных, ионизирующее излучение, шум, вибрация. –опасных факторов производственной среды: вероятность возникновения пожара, вероятность поражения электрическим током.
<i>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме:</i>	– электробезопасность; – пожарная безопасность; – требование охраны труда при работе с ПЭВМ;

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3А	Павлюкевич Матвей Павлович		

4. Социальная ответственность

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

В основе Законодательства Российской Федерации об охране труда лежит Конституция Российской Федерации и Трудовой кодекс Российской Федерации.

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно – технические, санитарно – гигиенические, лечебно – профилактические, реабилитационные и иные мероприятия [9].

Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.

Безопасные условия труда – условия труда, при которых воздействие на работающих вредных или опасных производственных факторов исключено либо уровни их воздействия не превышают установленные нормативы.

Рабочее место – место, в котором работник должен находиться или в которое ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя [18].

Сложность поставленных задач требует использования достижений многих научных дисциплин, прямо или косвенно связанных с задачами создания безопасных условий труда. При разработке требований

производственной санитарии используются результаты исследований ряда медицинских и биологических дисциплин.

Правила по охране труда и техники безопасности являются обязательными для исполнения рабочими, служащими, инженерно – техническими работниками и руководящим составом.

4.1 Характеристика условий труда

Данная работа связана с математическим моделированием и расчетами. Следовательно, рабочим местом следует считать рабочий стол с персональным компьютером.

При работе на ПК на оператора влияют разнообразные вредные факторы, такие, как: физические (шум, статическое электричество, освещенность, температура, электромагнитное поле) и психофизиологические (нервно-психическое напряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки и т.д.).

При выполнении данной работы, основными возникающими вредными факторами являются:

- микроклимат;
- шум и вибрация;
- освещение;
- электромагнитное поле и ионизирующее излучение от компьютера.

4.2 Требования к ПЭВМ и организация работы

4.2.1 Организационные мероприятия

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

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

удостоверение.

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

4.2.2 Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости представлены на рисунке 4.1

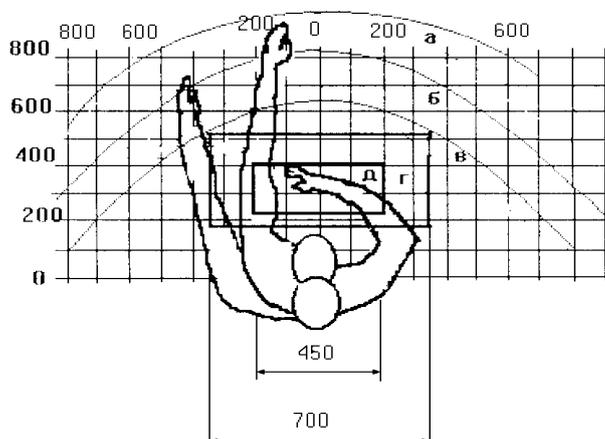


Рисунок 4.1 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а – зона максимальной досягаемости рук; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в–зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

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

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования.

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

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

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

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

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

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

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

4.3 Анализ выявленных вредных факторов

4.3.1 Микроклимат

К основным параметрам, характеризующим условия труда относятся: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

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

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата.

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

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может

осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м^3 на человека – не менее 30 м^3 в час на человека; при объёме помещения более 40 м^3 на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

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

5.3.2 Шум и вибрация

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ[17].

Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами. Уровень вибрации в помещениях вычислительных центров может быть снижен путем установки оборудования на специальные виброизоляторы.

4.3.3 Освещение

Плохое освещение повышает количество ошибок в работе, значительно снижает производительность труда, повышает утомляемость, вызывает заболевание органов зрения.

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

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

4.3.4. Электромагнитное излучение

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

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

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц-2кГц – 250нТл;
- в диапазоне частот 2кГц-400кГц – 25нТл.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);

- применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

4.3.5 Ионизирующее излучение

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкР/час. По нормам [18] конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более 100 мкР/час.

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

4. 4 Анализ выявленных опасных факторов

4.4.1 Электробезопасность

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

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

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во

время ремонта электрических приборов;

- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании.

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

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

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

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

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

- Параметров электрического тока, протекающего через тело человека (величины напряжения, частоты, рода тока приложенного к телу);
- Пути тока через тело человека (рука-рука, рука-нога, нога-нога, шея-ноги и др.);
- Продолжительности воздействия тока через тело человека;
- Условий внешней среды (влажности и температуры);
- Состояния организма человека (толщины и влажности кожного покрова, состояния здоровья и возраста);

Электрозашитные средства – это переносимые и перевозимые изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения

электрическим током, от воздействия электрической дуги. Эти средства должны обеспечивать высокую степень защиты и удобство при эксплуатации. Их выбирают с учетом требований безопасности для данного вида работ. В первую очередь безопасность обеспечивается применением средств коллективной защиты, а затем, если она не может быть обеспечена, применяют средства индивидуальной защиты.

К средствам индивидуальной защиты от поражения электрическим током относятся [19]:

- оградительные устройства, которые могут быть стационарными и переносимыми. Ограждения могут быть заблокированы с устройствами, отключающими рабочее напряжение при снятии;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления, зануления и защитного отключения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства и др.

4.4.2 Пожарная безопасность

Согласно [20], в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение лаборатории по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на:

организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

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

Заключение

Цели и задачи, поставленные в работе были выполнены полностью. В ходе работы была определена характеристика дождевых осадков, которая коррелирует с величиной всплеска мощности дозы γ -излучения, а именно "реальная" интенсивность выпадения дождевых осадков.

Выполнено моделирование динамики изменения активности γ -излучения радона и продуктов его распада в атмосфере. Наибольший вклад в суммарную объёмную активность вносят дочерние продукты распада радона: Bi^{214} и Pb^{214} .

Произведено моделирование влияния дождевых осадков на мощность дозы γ -излучения на разных высотах измерения с помощью метода Монте-Карло. Было определено, что мощность дозы γ -излучения экспоненциально уменьшается с ростом высоты. Наибольший вклад в суммарную мощность дозы γ -излучения вносят Bi^{214} и Pb^{214} .

Проанализированы полученные результаты. Как следствие, разработан метод определения интенсивности дождевых осадков в приземном слое атмосферы по измеренной мощности дозы γ -излучения.

Список использованных источников:

- 1) Яковлева, Валентина Станиславовна. Методы и приборы контроля полей α -, β -, γ -излучений и радона в системе "грунт-атмосфера" : диссертация ... доктора технических наук : 05.11.13 / Яковлева Валентина Станиславовна; [Место защиты: Нац. исслед. Том. политехн. ун-т].- Томск,
- 2) Метеорология и атомная энергия, пер. с англ., под ред. Н. Л. Бызовой и К. П. Махонько, Л., 1971; Кароль И. Л., Радиоактивные изотопы и глобальный перенос в атмосфере, Л., 1972; Израэль Ю. А., Мирные ядерные взрывы и окружающая среда, Л., 1974.
- 3) Яковлева, Валентина Станиславовна. Методы и приборы контроля полей α -, β -, γ -излучений и радона в системе "грунт-атмосфера" : диссертация ... доктора технических наук : 05.11.13 / Яковлева Валентина Станиславовна; [Место защиты: Нац. исслед. Том. политехн. ун-т].- Томск, 2013.- 323 с.: ил. РГБ ОД, 71 15-5/105
- 4) Yakovleva V.S., Ippolitov I.I., Kabanov M.V. et al. Complex experiment methodology on analysis of processes of soil radon entry into atmosphere // Intern. Conf. Radon in Environment: Book of abstr. Poland, Krakow: Polish Academy of Sciences. 2009. С. 76.
- 5) А.А. Степаненко, К.С. Рябкина, Национальный исследовательский, Томский политехнический университет, г. Томск, Россия, Влияние дождевых осадков на радиационный фон окружающей среды
- 6) Машкович, В.П. Защита от ионизирующих излучений / В.П. Машкович, А.В. Кудрявцева. – М.: АП "Столица", 2013. – 496 с.
- 7) Яковлева В.С., Нагорский П.М., Зукау В.В., Лужанчук Я.В. Модель вертикального распределения плотности плазмы приземной атмосферы // Известия вузов. Физика. – 2010. – Т. 53. – № 11/2. – С. 86–88.
- 8) Nagorsky P.M., Ippolitov I.I., Kabanov M.V., Smirnov S.V., Yakovleva V.S. Radon concentration bursts in atmosphere surface layer during cyclones // Intern. Conf. Radon in Environment: Book of abstr. Poland, Krakow: Polish Academy of Sciences, 2009. – С. 75.

- 9) Решетов В.В., Бердников П.В. Результаты совместных измерений объемной активности радона в почвенном воздухе и плотности потока радона с поверхности почво-грунтов на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области // АНРИ. 2001. №4. С. 34–37.
- 10) Гусев В.А., Климанов Н.Г., Машкович В.П., Суворов А.П. Защита от ионизирующих излучений. □ Т. 1. Физические основы защиты от излучений: Учебник для вузов. 3-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 512 с.
- 11) Рудаков В.П. Динамика полей подпочвенного радона сейсмоактивных регионов СНГ// Автореф. дис. ... доктора физико-математических наук. М.: ОИ ИФЗ, 1992. 56 с.
- 12) Кузнецов Ю.В. Проблема радона и достоверность его измерений //АНРИ. – 1998. – № 3. – С. 9–12.
- 13) Кривашеев С.В. Методы и средства измерения объемной активности радона и его дочерних продуктов распада // АНРИ. – 1996. – № 1. – С. 26–40.
- 14) Иванов В.И. Курс дозиметрии: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 400 с.
- 15) Сердюкова А.С., Капитанов Ю.Т. Изотопы радона и короткоживущие продукты их распада в природе. – М.: Атомиздат, 1979. – 294 с.
- 16) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
- 17) Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»
- 18) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы».
- 19) ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность..

20) Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность.