

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

---

Школа – Инженерная школа ядерных технологий  
Направление подготовки – 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»  
Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерно-топливного цикла

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Изучение зависимости результатов гамма-спектрометрии на содержание Ra-226 в грунтах от температуры высушивания

УДК 539.122.16:539.163:546.29:624.131.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6Б	Волков Павел Владиславович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ НИ ТПУ	Н.К. Рыжакова	к.ф.-м.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	И.В. Кащук	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Бычков П.Н.	к.ф.-м.н.		

Томск – 2020 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (компетенции)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Общекультурные компетенции</b>		
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.	Требования ФГОС (УК3,4,5, ОПК-2).
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.	Требования ФГОС (УК-2-5, ОПК-2).
P3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческие 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, осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности	Требования ФГОС (Ук1, УК- 2, УК-3, УК-4,ОПК-2, 3, ПК- 6, 19-23).
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.	Требования ФГОС (ОК-4, ОПК-1-3, ПК-1, ПК-5, Пк-7, Пк-8, Пк-9, ПК-10, ПК-11, ПК-17, Пк-19,Пк-20,ПК-21).
P5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.	Требования ФГОС (УК-4,5, ОПК-2, ПК-6)
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.	Требования ФГОС (УК-7, 8, ОПК-3, ПК-12).
<b>Общепрофессиональные</b>		
P7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	Требования ФГОС (УК-1, 2, ОПК-1, ПК-2,3,4,5, 6,7, 10, 11,14, ).
<b>Профессиональные компетенции</b>		
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	Требования ФГОС (УК-7, 8, ОПК-3, ПК-2, 4,6, 8, 11, 12, 14, 17, 18, 20).

	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	Требования ФГОС (УК-1,2,8, ПК-2, 5,6, 7, 8, 9, 10, 11, 20).
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.	Требования ФГОС (ПК-4, 14, 15, 16, 21, 22).
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.	Требования ФГОС (ПК-11, 12, 13, 20, 21, 22).
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.	Требования ФГОС (УК-2 ОПК-1, ПК-1, 2, 4, 5, 6, 7, 8).
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.	Требования ФГОС (ОПК-1,2, ПК – 1, 5, 10, 11, 13, 20, 21).
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.	Требования ФГОС (ПК-3, 8, 7, 10, 11, 14, 16, 18, 22).
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и про- грамм 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	Требования ФГОС (УК-1, 2, 3, 6, 8, ОПК-3 ПК-5, 6,9, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23).

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

---

Школа – Инженерная школа ядерных технологий  
Направление подготовки (специальность) – 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»  
Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ П.Н.Бычков  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
0А6Б	Волков Павел Владиславович

Тема работы:

Изучение зависимости результатов гамма-спектрометрии на содержание Ra-226 в грунтах от температуры высушивания	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 154-54/С от 02.06.2020 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></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>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Образцы грунта</li><li>2. Методика измерений гамма-спектров на полупроводниковом гамма-спектрометре CANBERRA</li></ol>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования;</i></p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Подбор литературы по теме исследования.</li><li>2. Изучение принципа действия и устройства полупроводникового <math>\gamma</math>- спектрометра CANBERRA.</li><li>3. Пробоотбор грунтов.</li><li>4. Подготовка грунтов для <math>\gamma</math>-спектрометрии.</li></ol>

содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	<p>5. Измерение удельной активности радия при разных температурах высушивания проб грунта.</p> <p>6. Анализ полученных результатов.</p>
--	---

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Экспериментальная часть	Доцент ОЯТЦ ИЯТШ Н.К. Рыжакова
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП И.В. Кашук
Социальная ответственность	ассистент ОЯТЦ ИЯТШ Т.С. Гоголева

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	17.01.2020
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Надежда Кирилловна Рыжакова	к.ф.-м.н., доцент		17.01.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6Б	Волков Павел Владиславович		17.01.2020

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А6Б	Волкову Павлу Владиславовичу

<b>Школа</b>	ИЯТШ	<b>Отделение</b>	ОЯТЦ
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	14.03.02 «Ядерная физика и технологии»

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость расходных материалов; тариф на электроэнергию, должностные оклады исполнителей.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Срок окупаемости; премии; надбавки; дополнительная заработная плата; накладные расходы; рабочий коэффициент.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставки НДС и социального налога.</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведение НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение потенциального потребителя результатов исследования;</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета, определение рисков</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Оценка социальной эффективности проекта</i>
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>	
2. <i>Матрица SWOT</i>	
3. <i>Диаграмма Ганта</i>	

<b>Дата выдачи задания по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н., доцент		17.01.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0А6Б	Волков Павел Владиславович		17.01.2020

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А6Б	Волков Павел Владиславович

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОЯТЦ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Ядерные физика и технологии

Тема ВКР:

Изучение зависимости результатов гамма-спектрометрии на содержание Ra-226 в грунтах от температуры высушивания	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p style="text-align: center;">Объект исследования: полупроводниковый гамма-спектрометр CANBERRA.</p> <p style="text-align: center;">Область применения: определение содержания радионуклидов</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 года № 197-ФЗ;</li> <li>– Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ;</li> <li>– <u>ГОСТ 22269-76</u>. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p style="text-align: center;">Вредные и опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенный уровень ионизирующих излучений;</li> <li>– отклонение показателей микроклимата;</li> <li>– повышенный уровень электромагнитных излучений;</li> <li>– недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– повышенный уровень шума;</li> <li>– психофизиологические факторы;</li> <li>– опасность поражения электрическим током.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ влияния объекта и процесса исследования на окружающую среду;</li> <li>– разработка организационных и технических мероприятий по защите окружающей среды.</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– выбор и описание типичной ЧС: пожар;</li> <li>– обоснование мероприятий по предотвращению ЧС;</li> <li>– порядок действий при возникновении ЧС.</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0А6Б	Волков П.В.		



## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 91 страницу, 15 рисунков, 30 таблиц, 15 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: радий, грунты, пробоподготовка грунтов к гамма-спектрометрии, удельная активность радия, зависимость удельной активности радия-226 от температуры высушивания проб грунта.

Объектами исследования являются образцы белой глины, сланца и суглинка.

Целью работы является изучение зависимости результатов гамма-спектрометрии на содержание Ra-226 в грунтах от температуры высушивания.

В процессе выполнения работы изучена иностранная литература по результатам измерения удельной активности радия-226 в образцах грунтов; произведен отбор образцов грунта; просушивание, измельчение при помощи ступы и песта, просеивание, герметизация образцов; выполнены измерения удельной активности радия на полупроводниковом  $\gamma$ -спектрометре; проведен анализ полученных данных.

По результатам исследования наблюдается значительное увеличение удельной активности Ra-226 с ростом температуры от 90°C до 120°C для глины, обладающей высокой гигроскопичностью. Для суглинков и сланцев значимой зависимости удельной активности Ra-226 от температуры не обнаружено. Методика пробоподготовки грунтов к гамма-спектрометрии требует дополнительного изучения.

## Оглавление

РЕФЕРАТ.....	9
ВВЕДЕНИЕ.....	13
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	15
2. ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЯ.....	23
2.1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ Г-СПЕКТРОМЕТРИИ .....	23
2.2. СХЕМА ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА .....	24
2.3. ДЕТЕКТОРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В Г-СПЕКТРОМЕТРИИ.....	26
2.3.1. <i>Сцинтилляционный детектор</i> .....	26
2.3.2. <i>Полупроводниковый детектор</i> .....	28
3. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ Г- СПЕКТРОМЕТР CANBERRA.....	32
4. ЭКСПЕРИМЕНТ .....	36
4.1 ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И ПРОБОПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ К ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИИ .....	36
4.2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ ОБРАЗЦОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ВЫСУШИВАНИЯ.....	36
4.3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ОБРАЗЦОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВЫСУШИВАНИЯ.....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	43
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ» .....	44
5.1 ОЦЕНКА КОММЕРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ С ПОЗИЦИИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ .....	45
5.1.1 <i>Потенциальные потребители результатов исследования</i> .....	45
5.1.2. <i>Анализ конкурентных технических решений с позиции         ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> .....	45
5.1.3 <i>SWOT-анализ</i> .....	48
5.2 ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ .....	50
5.2.1 <i>Структура работ в рамках научного исследования</i> .....	50
5.3 БЮДЖЕТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ .....	55
5.3.1 <i>Расчет материальных затрат</i> .....	55
5.3.2 <i>Расчет амортизации специального оборудования</i> .....	56
5.3.3 <i>Затраты на основную и дополнительную оплату труда         исполнителей научно-технического исследования</i> .....	58

5.3.4	<i>Отчисления во внебюджетные фонды.....</i>	61
5.3.5	<i>Накладные расходы.....</i>	61
5.4	<b>ФОРМИРОВАНИЕ БЮДЖЕТА ЗАТРАТ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЕКТА .....</b>	62
5.5	<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ..</b>	62
	<b>ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ .....</b>	64
6.	<b>СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....</b>	66
6.1.	<b>ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....</b>	67
6.1.1	<i>Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.....</i>	67
6.2	<b>ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ КОМПОНОВКЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ .....</b>	68
6.3	<b>ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....</b>	70
6.3.1	<i>Анализ вредных и опасных факторов.....</i>	70
	<b>САНПИН 2.6.1.2523-09 НОРМЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НРБ-99/2009 .....</b>	71
6.4	<b>ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ ОТ ДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ .....</b>	72
6.4.1	<i>Повышенный уровень ионизирующего излучения.....</i>	72
6.4.2	<i>Отклонение показателей микроклимата.....</i>	75
6.4.3	<i>Повышенный уровень электромагнитного излучения .....</i>	76
6.4.4	<i>Недостаточная освещенность рабочей зоны.....</i>	77
6.4.5	<i>Превышение уровня шума.....</i>	78
6.4.6	<i>Психофизиологические факторы .....</i>	79
6.4.7	<i>Поражение электрическим током.....</i>	79
6.5	<b>ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....</b>	81
6.6	<b>БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.....</b>	82
6.6.1	<b>АНАЛИЗ ТИПИЧНОЙ ЧС ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЯ .....</b>	82
6.6.2	<b>ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ЧС И ПОРЯДОК ДЕЙСТВИЙ В СЛУЧАЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧС .....</b>	83
	<b>ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ .....</b>	84
	<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	86



## **Введение**

Радон ( $Rn-222$ ) – радиоактивный газ, без цвета и запаха, имеет период полураспада  $T_{1/2} = 3,8$  суток. Радон образуется в результате альфа – распада из радия-226, который в свою очередь является продуктом распада ядер, принадлежащих семейству урана-238. Источником радона является грунт, породы которого содержат то или иное количество урана. Опасность радона и его продуктов распада кроется в их радиоактивности. Попавший в атмосферу радон вдыхается вместе с воздухом, что уже в бронхах, а потом и в легких приводит к облучению. Установлено, что значительный вклад в фоновое излучение вносит радон и его продукты распада, которые составляют основную часть дозы, получаемой человеком от природных источников. Превышение установленных норм облучения может приводить к увеличению риска получения онкологических заболеваний. Для предотвращения негативного влияния облучения необходимо снижать риски облучения радоном еще на этапе проектирования и постройки жилых и производственных зданий. Условия повышенной угрозы для здоровья человека вынуждают определять все новые методы выявления и контроля радоноопасности. Используются различные методы и критерии оценки радоноопасности, например объемная активность радия, газопроницаемость грунтов, объемная активность радона в поровом пространстве и в помещениях, содержание урана и радия в грунте, плотность потока радона с поверхности грунта. Одним из таких методов за рубежом является использование карт потенциальной радоноопасности территории. Данный метод подразумевает составление карт местности и классификации территорий по степени радонового риска, обусловленного в том числе содержанием  $Ra-226$  в грунтах.

В Российской Федерации при построении региональных карт потенциальной радоноопасности также используются данные о содержании урана/радия в поверхностных грунтах. Необходимо отметить, что не

существует аттестованной методики пробоподготовки грунтов к гамма-спектрометрическим измерениям. В частности, отсутствуют рекомендации о температуре высушивания проб грунта.

Целью работы является изучение зависимости результатов гамма-спектрометрии на содержание Ra-226 в грунтах от температуры высушивания.

Задачи:

- Подбор литературы по теме исследования.
- Изучение принципа действия и устройства полупроводникового  $\gamma$ - спектрометра.
- Пробоотбор грунтов.
- Подготовка грунтов для  $\gamma$ -спектрометрии.
- Измерение удельной активности радия при разных температурах высушивания проб грунта.
- Анализ полученных результатов.

## 1. Обзор литературы по теме исследования

В работе [1] описывается процедура обработки образца почвы для определения с помощью гамма-спектро스코пии активности Ra-226 в почвах. При обычном гамма-спектроскопическом анализе собранных образцов почвы процедура требует удаления влаги из почвы путем сушки в печи. После сушки и измельчения образец почвы помещается и герметизируется в сосуде Маринелли или другом контейнере и отправляется в лабораторию для определения удельной активности отдельных радионуклидов в почве. При количественном определении членов ряда распада природного урана  $^{238}\text{U}$  необходимо учитывать выброс  $^{222}\text{Rn}$  из почвы. Чтобы избежать последствий потери  $^{222}\text{Rn}$ , для большинства лабораторных процедур требуется время хранения 21-30 дней для запечатанных образцов перед измерениями. Выделение  $^{222}\text{Rn}$  сильно зависит от температуры и влажности. Было задокументировано, что температура оказывает меньшее влияние на излучение радона, чем содержание влаги. Однако повышенная температура почвы в печи при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  также влияет на скорость выделения  $^{222}\text{Rn}$ . Эксперименты показали, что повышенные температуры увеличивали выделение радона из почвы, и отметили, что температура сильнее влияла на скорость выделения  $^{222}\text{Rn}$ , когда образцы почвы были полностью сухими. Обнаружили, что повышение температуры почвы с  $22$  до  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  вызвало значительный кратковременный выброс излучения  $^{222}\text{Rn}$  из-за десорбции атомов  $^{222}\text{Rn}$  с поверхностей частиц почвы. Также упоминается, что повышение температуры заметно снижает физическую адсорбцию газов на твердых телах.

Описан метод при котором корректируются потери  $^{222}\text{Rn}$  и его дочерних продуктов высушенных в печи образцов почвы. Этот метод требует определения характеристик фракционной активности  $^{222}\text{Rn}$  для образцов почвы, высушенных в печи, с определенного участка. Целью гамма-спектроскопии было определение удельной активности  $^{226}\text{Ra}$  для

сухой почвы. Результаты в данной работе говорят нам о том, что процедура отбора проб почвы, при которой высушенная в печи почва привела к частичной неопределенности в концентрации активности  $^{226}\text{Ra}$ , равной 6,5% или менее, по сравнению с неопределенностью, превышающей 14% для процедуры без сушки в печи.

В работе [2] при проведении локальных оценок радоноопасности обычно измеряли удельную активность Ra-226 на различных глубинах залегания: 0,15-1 м, грунты просушивали (температура просушки не указана), герметизировали, после чего проводились измерения на  $\gamma$ -спектрометре. В Польше в районе города Краков различными методами изучалась объемная активность радионуклидов, в том числе Ra-226. Целью данного исследования было изучение радоноопасности вблизи зон геологических разломов. в пределах Краковской области, и определение влияния таких формирований на повышенную концентрация радия и радона в почве.

В Краковской области были выбраны восемь «профилей измерения» перпендикулярно вероятным направлениям зон разломов. В каждом профиле была определена геологическая структура, а также проведены измерения радия -  $^{226}\text{Ra}$  изотопов в почве.

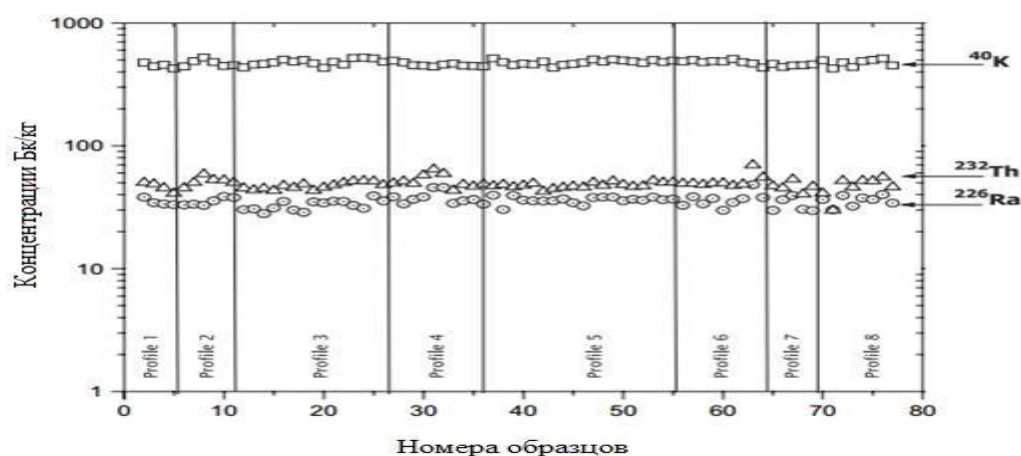


Рис. 1.1. Концентрация природных изотопов (калий, радий и торий) в пробах почвы.



Концентрации естественных радиоактивных элементов, собранных на участках измерения радона вдоль профилей 1-8 ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) в почве предоставлены на рисунке 1. Для них оказались характерны небольшие вариации.

В данной работе было выявлено, что лёссовые слои могут играть важную роль в процессах эманации и переноса радона. В работе сделан вывод о том, что лёссовый слой толщиной от нескольких метров до нескольких десятков метров может быть ловушкой для радия и барьером для миграции радона. Толстые лёссовые слои, встречающиеся над разломами, могут быть причиной более высоких концентраций радона в этих местах примерно в два раза, чем в других частях «профиля измерения». При наличии данного грунта на территории застройки необходимо оценивать радоновые риски.

В Словении, в работе посвященной оценке эманации радона из различных литологических единиц [3], было проведено измерение удельной активности радона в различных точках.

Образцы грунтов отобраны на глубине 0,7 и 0,8 м., просушены при температуре  $105^{\circ}\text{C}$  в течение 24 часов. После просушки грунт был измельчен при помощи ступы и песта, просеян (шаг сита равен 660 мкм) и загерметизирован в сосуд. Объем сосуда  $50\text{ см}^3$ . Образцы выдерживались месяц для достижения равновесия продуктов распада, после чего измерялись на спектрометре. В таблице 1 представлены данные о удельной активности  $\text{Ra-226}$  в различных грунтах.

Таблица.1.1. Удельная активность Ra-226 в различных грунтах.

Радионуклид Ra-226 Бк/кг	Тип грунта	Число образцов	Минимальное	Максимальное	Меди ана
	А	15	23.4	102.1	51.1
	В	18	20.1	169.9	50.6
	В	3	41.9	48.5	46.4
	В	6	21.7	42.1	31.5
	С	24	11.5	269.3	63.3
	Д	2	34.4	42.6	38.5
	Е	2	70.0	74.7	72.4
	Общее кол-во.	70	11.5	269.3	48.4

Где: А- аллювиальные и ледниковые отложения; В1 - обломочные отложения, содержащие глину; В2 - грубые обломочные отложения; В3 – флиш; С – карбонаты; D - метаморфические породы; Е - морские и озерные отложения.

Сравнительно высокое содержание радия и большой разброс значений удельной активности был выявлен в аллювиальных и ледниковых отложениях (А), в обломочных отложениях (В1) и карбонатах (С). Большая вариабельность удельной активности в этих тапах грунтов, скорее всего объясняется тем, что данные грунты характеризуются неоднородной структурой. Эти грунты отобраны на глубинах от 70 до 80 см и содержат в себе разное количество суглинков и глин, отличающихся дисперсным составом. Радия свойственно накапливаться в мелкозернистых и малопористых породах. Карбонаты, представляющие собой геологическую среду, содержащие в своем составе углеводороды, хорошо адсорбируют радий. Этим объясняется разброс значений в данных грунтах.

Работа [4] посвящена изучению распределения отдельных геогенных радионуклидов (  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) и антропогенного  $^{137}\text{Cs}$ . в нетронутой лесной почве на глубинах залегания: 0-10, 10-20, 30-40 см.

Пробы грунта были отобраны в лесах Словении на площадке 120 м<sup>2</sup>. Грунт был предварительно подготовлен и измерен на  $\gamma$ -спектрометре. В таблице 2 представлены средние значения активности в зависимости от глубины.

Таблица 1.2. Средние значения активности в зависимости от глубины.

Глубина, см	Удельная активность Ra- 226, Бк/кг
0-10	51±3
10-20	51±5
20-30	52±2
30-40	49±2

Видно, что удельная активность Ra-226 поверхностного слоя толщиной до 40 см остается практически постоянной.

В работе [5] производился пробоотбор грунта с различных глубин начиная от 0,1 м до 1 метра с шагом 10 см. Образцы просушивали при температуре 105°C, измельчали и герметизировали, после чего проводили измерения на  $\gamma$ -спектрометре. В таблице 3 представлены результаты измерений активности радия в различных слоях.

Таблица 1.3. Результаты измерений активности радия в различных слоях.

<sup>226</sup> Ra Bq/g, UNC %																					
Площадка измерения1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
Глубина, см.	10	8.9	6	1.6	10	6.3	5	8.8	7	1.5	8	1.4	4	1.8	8	4.5	6	5.1	6	0.3	5
	20	1.6	14	1.5	8	0.4	6	4.2	8	0.7	12	1.1	9	0.3	12	0.7	12	1.1	8	0.7	12
	30	10.3	6	0.3	13	1.1	14	0.9	10	0.2	11	0.37	14	0.1	21	0.4	13	0.3	15	0.6	10
	40	9.2	7	0.2	12	7.8	5	0.16	13	0.4	11	0.15	15	0.4	12	0.02	14	1.8	7	1.4	8
	50	8.9	5	0.76	14	7.6	7	0.5	14	0.5	11	0.18	17	0.8	8	2.2	8	2.3	8	1.4	8
	60	2.1	7	1.11	11	3.3	10	0.3	13	0.6	13	0.25	14	0.8	8	2.4	11	0.9	8	0.4	10
	70	0.1	16	4.7	5	0.89	11	0.5	11	0.3	12	0.45	11	1.1	10	1.1	5	0.3	10	0.0	8
	80	0.6	9	1.5	12	0.5	12	0.4	9	0.2	12	0.7	9	0.8	7	1.9	9	0.11	15	0.8	12
	90	0.2	2	0.24	12	0.3	15	0.65	10	0.2	12	0.23	10	0.8	10	0.3	11	0.09	8	0.0	5
	100	0.1	19	0.3	8	0.75	11	0.09	13	0.1	6	0.12	14	0.6	9	0.2	11	0.12	15	0.1	7

Данные были обработаны и представлены в виде графиков. Для наглядного отображения данных использовали относительные единицы

измерений.

$$A_{cum h} = 100 * \sum_{k=1}^{k=k_h} A_k / \sum_{k=1}^{k=10} A_k$$

Где  $A_k$  – измеренная активность  $^{226}\text{Ra}$  образца слоя  $k$ ,  $k_h$ - индекс слоя, соответствующий глубине,  $A_{cum h}$  – накопленная активность.

Результаты обработки измерений представлены на рисунках 2,3.

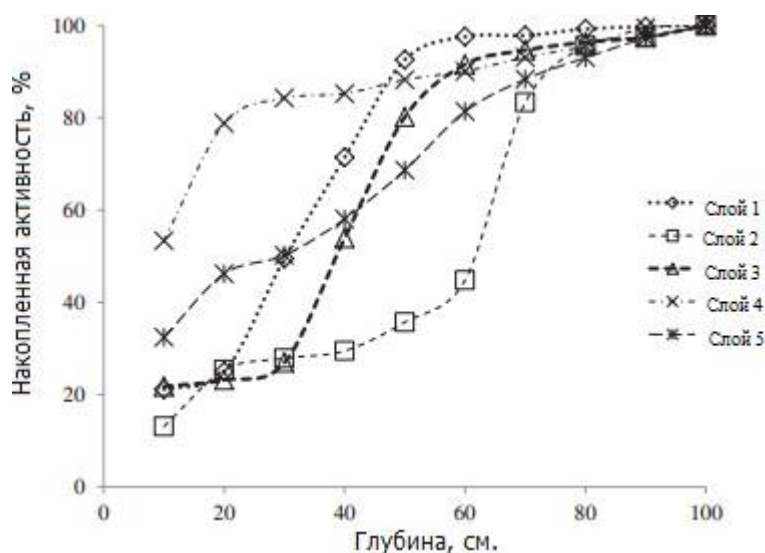


Рис. 1.2. Относительная активность от глубины слоя для слоев 1-5.

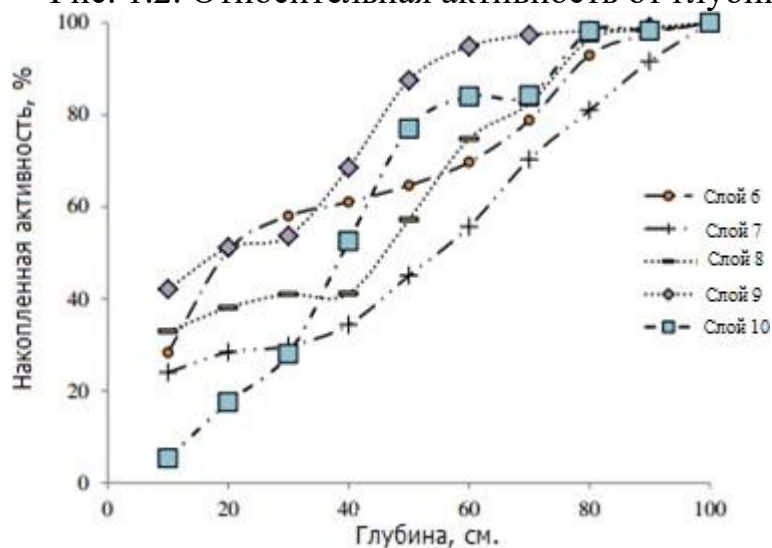


Рис.1.3. Относительная активность от глубины слоя для слоев 6-10.

Видно, что на всех площадках измерения содержание радия становится практически одинаковым на глубинах 0,7 м и более.

В работе [6], посвященной геохимии радия в почвах, были проведены измерения удельной активности радия. Пробы просушивали при температуре 105°C, измельчали, после чего герметезировали и измеряли на  $\gamma$ - спектрометре. В таблице 6 представлены исходные данные точек пробоотбора и типов грунта местностей.

Таблица 1.4. Исходные данные точек пробоотбора и типов грунта местностей.

Место	Локация	Тип грунта
14-80	Old Fort, PA	Доломит
14-81	Old Fort, PA	Доломит
14-82	Philipsburg, PA	Литовой песчанник
14-83	Philipsburg, PA	Литовой песчанник
14-84	Julian, PA	Сланцевый аллювий
6-10	Krumsville, PA	Сланец
6-11	Pricetown, PA	Диоритовый глейс
NC-1	Justice, NC	Гранит
8-99	E. Athens, PA	Гранит
NY-1	Ausable Forks, NY	Сланец валунный
IL-1	Champ.-Urbana, IL	Гранит валунный
TN-1	Jefferson City, TN	Лёсс

По полученным данным, взятых с определенных точек образцов, были построены зависимости удельной активности радия в грунте от глубины залегания грунта.

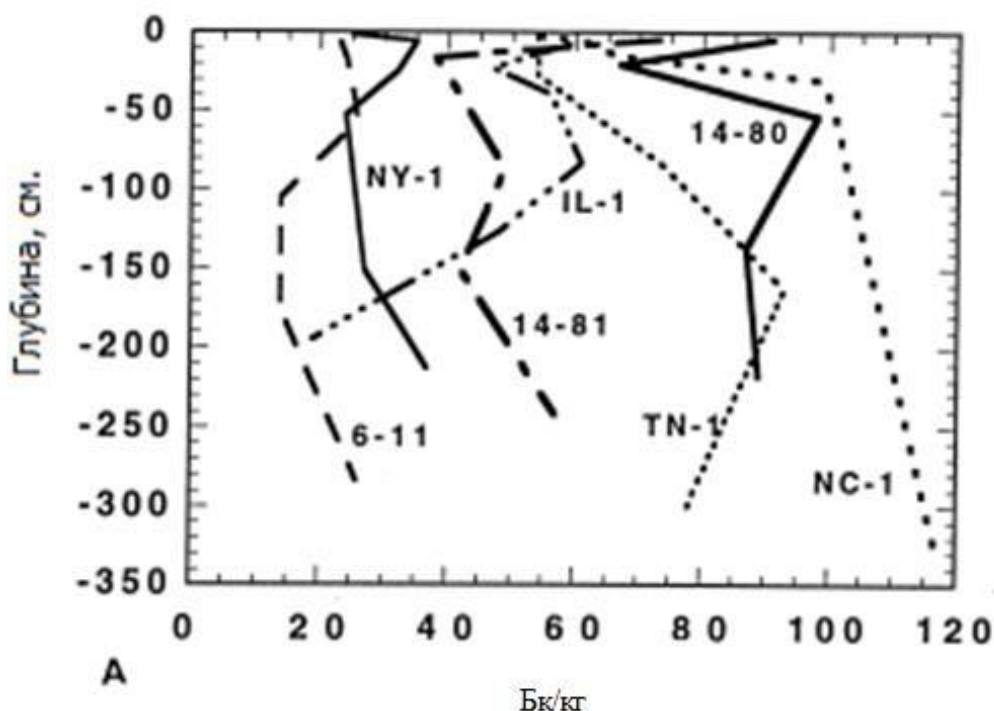


Рис. 1.4. Вертикальное распределение радионуклидов.

Выводом по данной работе послужило утверждение, что уровень радия в поверхностной почве до 50 см может отличаться от уровня радия в грунте, залегающем глубже 50 см, однако с ростом глубины залегания грунта содержание радия постоянно. В работе уделено большое внимание зависимости концентрации радия от параметров и типа грунта, а также его влажности и примесей. Выявлено, что незначительные примеси органических соединений влияют на перенос радия в почве, способствуя более легкой миграции радия. Высокий уровень радия выявлен в диоритовом глейсе, который является твердой горной породой, это может говорить о том, что в этой области могут залегать урановые руды. Резкое снижение удельной активности с ростом глубины наблюдается в обломках прочной известковой горной породы.

Анализируя результаты, приведенные в литературных источниках методики пробоподготовки грунтов, нельзя сделать однозначные выводы о возможном влиянии температуры высушивания образцов на результаты измерения удельной активности радия-226.

## **2. Гамма-спектрометрия**

Экспериментальное исследование энергетического спектра [7]  $\gamma$ -излучения, является одним из основных методов изучения содержания радионуклидов в сложных веществах. Гамма-спектрометрия широко применяется при решении многих задач, где используются ядерно-физические методы исследований. Например, при проведении элементного анализа в химии, геологии и т.д. Принцип действие детекторов ядерных излучений основан на взаимодействии  $\gamma$ -квантов с веществом. В ядерной физике к настоящему времени разработан большой арсенал приборов, служащих для измерения спектров  $\gamma$ -излучения. Среди них необходимо упомянуть сцинтилляционные спектрометры и обладающие наиболее универсальностью  $\gamma$ -спектрометры с полупроводниковыми детекторами, использующими германий и кремний. Они имеют высокую разрешающую способность по энергии при хорошей эффективности.

### **2.1. Физические основы $\gamma$ -спектрометрии**

Гамма-спектрометрия [8]– один из наиболее широко применяемых методов определения радионуклидов и их активности в технологических растворах, в объектах окружающей среды, в отходах и т.п. Метод очень удобен и обычно не требует вскрытия проб, концентрирования и разделения радионуклидов. Пробоподготовка чаще всего сводится к высушиванию и измельчению образцов.

Широкое использование гамма-спектрометрии для определения природы радионуклидов и их активности связано с тем, что спектр

фотонного излучения дискретный [9]. Спектр каждого радионуклида уникален и позволяет его идентифицировать. Для этого спектрометр калибруется по стандартным образцам (ОСГИ). Это позволяет не только идентифицировать радионуклид, определить его активность и содержание в пробе.

Для этого: Сначала гамма-спектр расшифровывают качественно. С помощью градуировочной кривой, построенной по гамма-спектрам образцовых гамма-источников, определяют энергии фотопиков. Рассчитывают площади фотопиков, приводя их к одной чувствительности. Соотношение площадей фотопиков сравнивают с выходом гамма-квантов радионуклидов, имеющих энергии, равные значениям, определенным по градуировочной кривой. Определяют периоды полураспада по изменению площади фотопика в зависимости от времени. По определенным значениям энергии фотопиков, соотношений площадей фотопиков между собой, периодов полураспада делают выводы о том, какие радионуклиды присутствуют в пробе. Затем с помощью калибровочной кривой, рассчитанной по гамма-спектрам образцовых гамма-источников, рассчитывают содержание радионуклидов в пробе.

## 2.2. Схема гамма-спектрометра

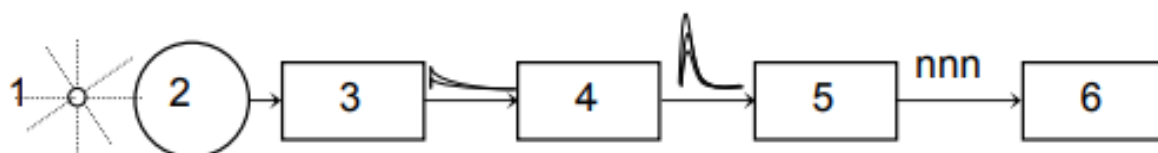


Рис 2.1. Типичная схема спектрометра. Блок-схема спектрометра: 1 - источник  $\gamma$ -излучения, 2 - детектор  $\gamma$ -излучения, 3 - предварительный усилитель (предусилитель), 4 - основной усилитель, 5 - амплитудно-цифровой преобразователь (АЦП), 6 – компьютер.



## **Предварительный усилитель**

[10] Предусилитель представляет собой очень чувствительный усилитель с низким уровнем собственных шумов, обычно расположенный непосредственно в или около детектора, чтобы минимизировать электрические помехи в проводах. Обычно высокое напряжение подается на детектор через предварительный усилитель. Основной частью любого предусилителя является полевой транзистор, подключенный непосредственно к электродам детектора или ФЭУ.

## **Блок высокого напряжения**

Практически во всех типах детекторов используется высокое напряжение (обычно от 500 В до 4000 В). Чтобы обеспечить бесперебойную подачу высокого напряжения на детектор, современные высоковольтные блоки обеспечивают медленное повышение напряжения до уровня, установленного на регуляторе. Большинство блоков оснащены защитой от перегрузки, а некоторые высокопроизводительные блоки ППД имеют аварийное отключение, когда температура охлаждаемого детектора повышается до критической (при которой происходит сбой детектора напряжения). Блоки высокого напряжения отличаются очень высокой стабильностью, т.к. это непосредственно влияет на энергетическое разрешение детектора.

## **Усилитель**

Спектрометрические усилители используются при амплитудном анализе сигналов. Одна из функций спектрометрических усилителей - линейное увеличение амплитуд выходных сигналов предусилителей, которые находятся в диапазоне милливольт, до диапазона 0.1-10 В, в котором работают АЦП.

Спектрометрический усилитель не является обязательным элементом

спектрометрического комплекса. Его не используют, если предусилитель дает сигнал необходимой амплитуды и формы. Усилитель предназначен для подготовки сигнала с предусилителя к обработке АЦП.

### **Аналого-цифровой преобразователь**

АЦП - сложнейшая электронная система, преобразующая значение амплитуды импульса в цифровой код. Амплитудные распределения регистрируются и обрабатываются с помощью цифровой электронной техники, в частности, компьютеров. Исследуемый диапазон амплитуд разбивается на конечное число интервалов, обычно равных, каждому из которых присваивается порядковый номер. Эти интервалы принято называть каналами. Каждому каналу присваивается свое значение энергии. АЦП измеряет амплитуду каждого импульса и определяет соответствующий ей номер канала.

### **Средство вывода информации**

В качестве устройства для вывода конечных данных, предоставляемых в виде спектра, используют компьютер.

## **2.3. Детекторы, используемые в $\gamma$ -спектрометрии**

### **2.3.1. Сцинтилляционный детектор**

Сцинтилляционный детектор - система, состоящая из сцинтиллятора и фотоэлектронного умножителя. Сцинтилляторы- вещества, испускающие свет под действием заряженных частиц. Сцинтилляторы бывают органические и неорганические.

Принцип работы сцинтилляционного детектора. Попадая в сцинтиллятор, частица (гамма-квант), ионизирует и возбуждает среду. Возвращаясь в невозбуждённое (основное) состояние, атомы сцинтиллятора испускают фотоны. Эти фотоны попадают на фотокатод, за счет

фотоэффекта, фотоны порождают электроны, а они в свою очередь ускоряются, фокусируются и попадают на систему динодов. Электрон, попав на фотодиод, за счет ударной ионизации, выбивает из следующего динода два или более электрона, они ускоряются электрическим полем и провоцируют тем самым, выбивание большего количества электронов с динодов, расположенных друг за другом. Эти процессы повторяются, пока конечный пучок электронов не дойдет до анода. После чего сигнал преобразуется для считывания амплитудным анализатором, где каждой энергии сопоставляется соответствующий канал, а далее вся информация идет на средства вывода, такие как компьютер или монитор.

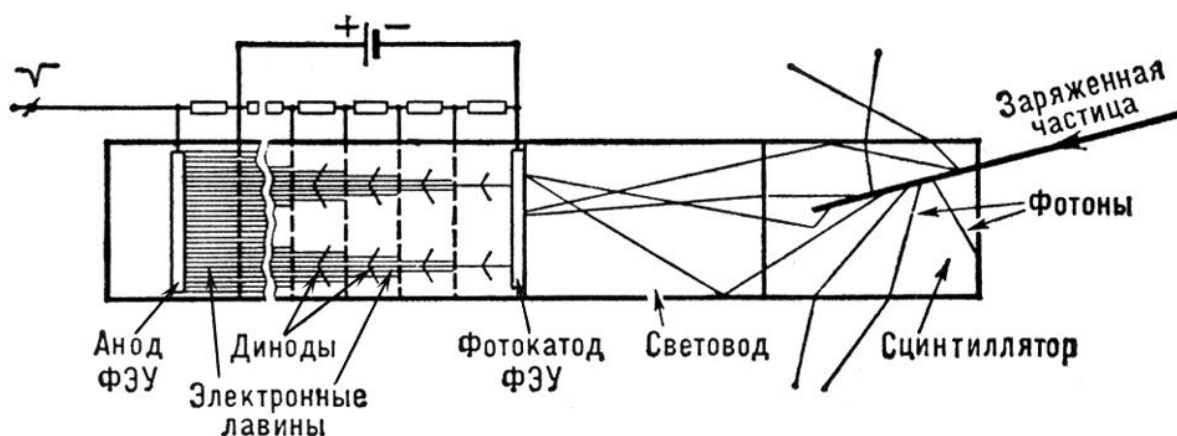


Рис.2.2. Схема сцинтилляционного детектора.

Фотоумножитель - ФЭУ (фотоэлектронный умножитель), электронный прибор, преобразующий световой сигнал или пучок света в эквивалентный усиленный электрический сигнал. Электроны, высвобождаемые фотоэлектронной эмиссией, на освещенном катоде, бомбардируют группу других электродов и увеличиваются тем самым в числе. На конечной стадии получается усиленный сигнал.

Коэфф усиления фотоумножителя:  $M=\theta*\delta^n$ .  $\theta$  — коэффициент, характеризующий сбор вторичных электронов на диноде,  $\delta$  — коэффициент усиления на диноде,  $n$  — число динодов.

### 2.3.2. Полупроводниковый детектор

Полупроводниковые детекторы - это твердотельных детекторы ионизирующих излучений, принцип действия которого основан на отдельных актах взаимодействия ионизирующих излучений с полупроводниковым материалом детектора ППД. частица, проникая в детектор, создаёт дополнительные электронно-дырочные пары, которые под действием электрического поля двигаются, перемещаясь к электродам прибора. В результате во внешней цепи полупроводникового детектора возникает электрический импульс, который далее усиливается и регистрируется.

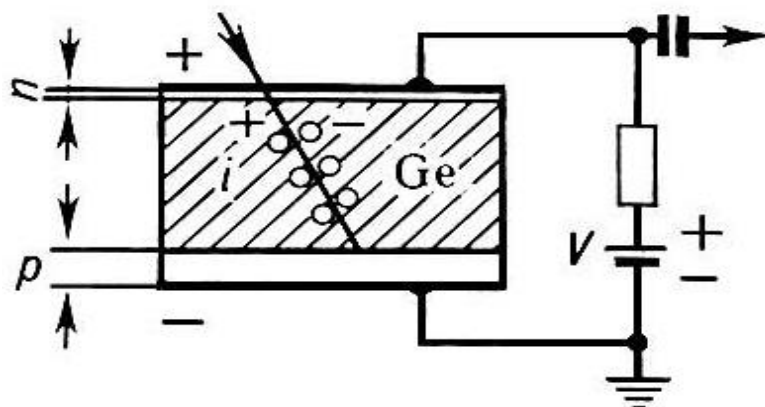


Рис. 2.3. Схема полупроводникового детектора.

В спектрометрии применяют ППД, относящиеся к твердотельным

детекторам, принцип действия которых основан на ионизации в полупроводниковой среде.

Информация об энергии частицы является заряд, который она создаст в полупроводнике. Для ее регистрации, трек частицы должен укладываться в чувствительной зоне детектора, заряды сгенерированные частицей должны полностью собираться на электроды, а флуктуации входного сигнала должны быть минимальны. С учетом выше указанных свойств материал должен обладать определенными свойствами.

В первую очередь необходимо, чтобы материал создавал большое количество свободных носителей заряда. Поскольку число носителей связано с энергией частицы, которую она передает детектору, то есть чем меньше энергия, требуемая для образования пары электрон-дырка, тем легче осуществлять регистрацию частиц с малой энергией. Кроме того, с увеличением количества свободных носителей заряда, уменьшается относительная флуктуация этого числа, что приводит к большей точности регистрации.

Во-вторых, чтобы получить сигнал необходимо, чтобы эти частицы имели высокую подвижность, для чего нужно приложить достаточное напряжение внешнего поля к детектору. При этом для эффективной регистрации частицы должны доходить до носителей не попадая при этом в ловушки, захватывающие носитель их концентрация соответственно должно быть минимальной на пути частицы.

В-третьих утечки носителей заряда детектора должны быть малыми, при достаточно высоких напряжениях приложенных к детектору для эффективной регистрации излучения. Удовлетворить такую необходимость может материал с достаточно большим сопротивлением, то есть высокоомные полупроводниковые материалы.

В-четвертых, материал должен быть таким, чтобы в сравнительно небольших объемах остановить частицу или поглотить кванты электромагнитного излучения. При регистрации заряженных частиц толщину детектора выбирают, исходя из пробега частицы. Пробег частицы в данных условиях зависит от материала тормозящей среды, то есть от его плотности и атомного номера  $Z$ . Чем плотнее среда и выше атомный номер, используемого в качестве детектора, тем меньше требуемый объем детектора. В области энергий частиц, относящихся к физике низких энергий, необходимая энергия лежит в диапазоне от нескольких десятков миллиметров до 1 см. Например для регистрации альфа-частиц с энергией 100 МэВ требуется кремниевый детектор толщиной примерно равной 4 мм.

Одним из важных требований, является возможность создания блокирующих контактов, препятствующих поступлению свободных носителей в рабочую область среды. Это осуществляется двумя путями, либо подбором соответствующих материалов, либо  $n^+$  и  $p^+$ - областей путем диффузии или легирования соответствующими примесями.

Все эти условия в равной степени соблюсти невозможно, так как некоторые из них противоречат друг-другу, но наиболее подходящими материалами, с учетом всех условия являются кремний и германий.

### **Типы ППД используемых для спектрометрии $\gamma$ -излучения**

ППД подразделяют на поверхностно-барьерные, диффузионные детекторы  $p-i-n$ -типа, называемые также дрейфовыми, и детекторы на основе очень чистого германия – HPGe-детекторы.

В поверхностно-барьерном детекторе  $n-p$ -переход образуется окислением кислородом поверхности  $n$ -кремния с последующим нанесением тонкого слоя золота на образованный таким способом

поверхностный p-слой. Толщина рабочей области таких детекторов не превышает  $0,2 \div 0,5$  мм, поэтому они используются в основном для регистрации и спектрометрии тяжёлых частиц при энергетическом разрешении единицы кэВ.

Детекторы типа p-i-n, получены с помощью дрейфа, находящегося в высоком разрешении и находящегося между узлами. Процесс создания такого детектора заключается в нанесении тонкого слоя лития на поверхность после того, как нагревательные элементы и литий проникают глубоко в полупроводниковый материал на глубину размером около 0,1 мм, образуя тонкую высоколегированная форма, в которой контролируемый диффузионный эффект возникает в p-полупроводнике до тех пор, пока количество остатков не станет точно равно числу изменений акцептора (обычно бора). В отличие от легких атомных лучей. Поверхностные слои p + и n + используются электродами. Кремниевые детекторы могут работать без охлаждения, при этом энергетический эквивалент шума составляет несколько десятков кэВ.

Детекторы германия должны эксплуатироваться и храниться при низкой температуре. Хранение при низкой температуре необходимо для предотвращения необратимого процесса выхода лития из объема детектора из-за того, что его вводят в германий больше, чем это должно быть в равновесном растворе Li в Ge. Германиевые детекторы широко используются в  $\gamma$ -спектрокопии из-за их высокого разрешения и высокой эффективности обнаружения из-за большого значения Z. Недостатком германиевых детекторов является большая сложность изготовления.

Детекторы с p - i - n переходом из высокочистого германия. Технология изготовления детекторов HPGe аналогична технологии изготовления детекторов дрейфа Li, за исключением стадии дрейфа Li глубоко в p-кристалле. Здесь между поверхностными n<sup>+</sup>- и p<sup>+</sup>-слоями –

электродами находится не скомпенсированный литием германий, а очень чистый германий с концентрацией примесей около  $10^{10}$  см<sup>-3</sup>. При такой концентрации примесей при охлаждении до температуры жидкого азота сопротивление полупроводника возрастает настолько, что становится возможным создать УЗП с толщиной чувствительной области около 1 см. Детекторы HPGe отличаются исключительно малым уровнем токов утечки и высоким разрешением.

### 3. Полупроводниковый $\gamma$ - спектрометр CANBERRA

[11] Гамма-спектрометры многоканальные для измерения рентгеновского и гамма-излучения CANBERRA (далее спектрометры CANBERRA) предназначены для измерения энергий, испускаемых радионуклидами квантов рентгеновского или гамма-излучения. Спектрометры CANBERRA предназначены для использования, как в передвижных, так и в стационарных радиометрических лабораториях. Принцип действия спектрометров CANBERRA основан на регистрации полупроводниковым детектором из особо чистого германия (ОЧГ) квантов рентгеновского или гамма-излучения, испускаемого радионуклидами, присутствующими в среде или объекте, получении спектра амплитудного распределения и выделении в спектре пиков полного поглощения (ППП) квантов рентгеновского или гамма-излучения. По положению ППП в спектре определяют энергии гамма-квантов  $E_i$  (спектрометр предварительно градуируют по энергии с помощью радионуклидных источников гамма излучения). Активность гамма-излучающих радионуклидов, присутствующих в анализируемом образце или объекте, определяют по скоростям счета гамма-квантов в ППП соответствующих энергий с учетом абсолютных интенсивностей гамма-излучения и эффективности регистрации гамма-квантов в ППП, которая устанавливается предварительно путем градуировки спектрометра расчетным или экспериментальным способом по эталонным мерам активности.



Спектрометры CANBERRA состоят из:

- Блока детектирования, в состав которого входят:
  - полупроводниковый ОЧГ детектор;
  - предусилитель;
  - сосуд с азотным охлаждением (сосуд Дьюара);
- Многоканальный амплитудный анализатор (МКА) с цифровым сигнальным процессором DSA-LX, InSpector-2000 или Lynx,
- Персональный компьютер с программным обеспечением Genie-2000.

Работа спектрометра CANBERRA осуществляется под управлением оператора с помощью программного пакета Genie-2000 на персональном компьютере. Внешний вид компонентов спектрометров CANBERRA представлен на рисунке 6 и может меняться в зависимости от комплектации.



Рис.3.1. Полупроводниковый блок детектирования с охлаждающим элементом и средством вывода.

Программное обеспечение, управление набором спектров, их вывод на средство для считывания и анализ, калибровки и остальные необходимые операции со спектрометрами CANBERRA выполняются при помощи

специального программного обеспечения и методических указаний, установленных на управляющий компьютер. Комплект программного обеспечения, входящего в комплект поставки, включает базовое программное обеспечение Genie-2000. Указанное программное обеспечение предназначено для работы на персональных компьютерах, работающих под управлением операционной системы Windows XP Pro или выше. Базовое программное обеспечение (ПО) Genie-2000 выполняет следующие основные функции:

- управление многоканальными анализаторами и вывод спектра на экран персонального компьютера;
- запись и чтение спектрометрической информации на диск;
- операции со спектром в различных режимах, ручном и автоматическом (калибровка, поиск и предварительная идентификация пиков, расчет их параметров);
- создание отчетов (отчеты пользователь может редактировать и изменять по своему предположению.)

Таблица 3.1. Основные характеристики гамма-спектрометра CANBERRA

Диапазон энергий регистрируемого излучения	50-3000 кэВ
Разрешение по линии 122 кэВ радионуклида $Co^{57}$	Не хуже 0.85 кэВ
Разрешение по линии 1332 кэВ радионуклида $Co^{60}$	Не хуже 1.8 кэВ

Продолжение таблицы 3.1.

Относительная эффективность регистрации детектора	Не менее 20%
Предел относительной погрешности характеристики преобразования (интегральная нелинейность), %	Не более 0.07
Время установления рабочего режима	Не более 30 минут (без учета времени охлаждения)
Питание от сети переменного тока напряжением	220 В
Питание от сети переменного тока частотой	50 Гц
Потребляемая мощность	Не более 400 ВА
Условия эксплуатации	
Температура	От 0 до +35 °С
Относительная влажность	До 80%

## 4. Эксперимент

### 4.1 Планирование эксперимента и пробоподготовка образцов к гамма-спектрометрии

В Лагерном саду было отобрано 12 образцов грунта: 4 образца суглинки, 4 - белой глины, 4 - сланца (на рис 4.9 точками отмечены места отбора грунтов). Образцы просушивали до постоянной температуры в мини-печи Redmond SkyOven RO-5727S при 4-х температурах: 90, 100, 110, 120 градусов. После высушивания образцов грунт измельчен с помощью ступы и песта, просеян через сито и помещен в сосуды Маринелли. Сосуды Маринелли герметизировали с помощью герметика и оставляли на 5 недель для установления радиоактивного равновесия между Ra-226 и Rn-222.



Рис. 4.1. Места отбора грунтов

### 4.2. Результаты измерения массы образцов в зависимости от времени высушивания

Для удаления всей влаги из образцов высушивание проводили до постоянной массы в течение 6-10 часов. На рис.4.2 в качестве примера представлена зависимость массы образца от времени высушивания при разных температурах.

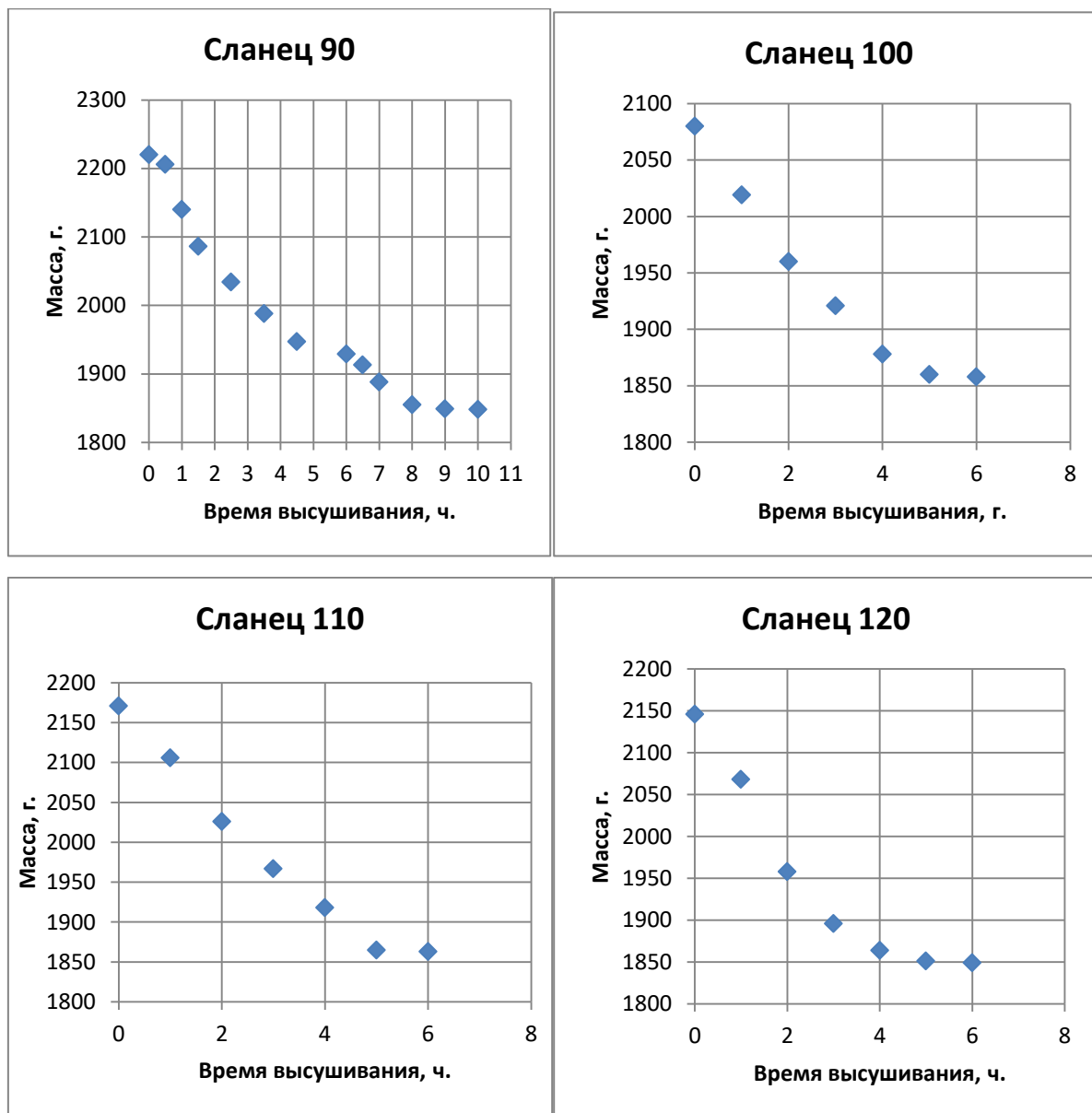


Рис. 4.2. Зависимость массы от времени высушивания

На графиках видно, что с ростом температуры от 90°C до 100°C время высушивания уменьшается от 9 часов до 5 часов. Дальнейшее увеличение температуры не приводит к уменьшению времени высушивания.

#### 4.3 Результаты измерения удельной активности образцов в зависимости от температуры высушивания

На рис. 4.3 представлен типичный вид спектра, полученного на спектрометре CANBERRA при измерении образца грунта.

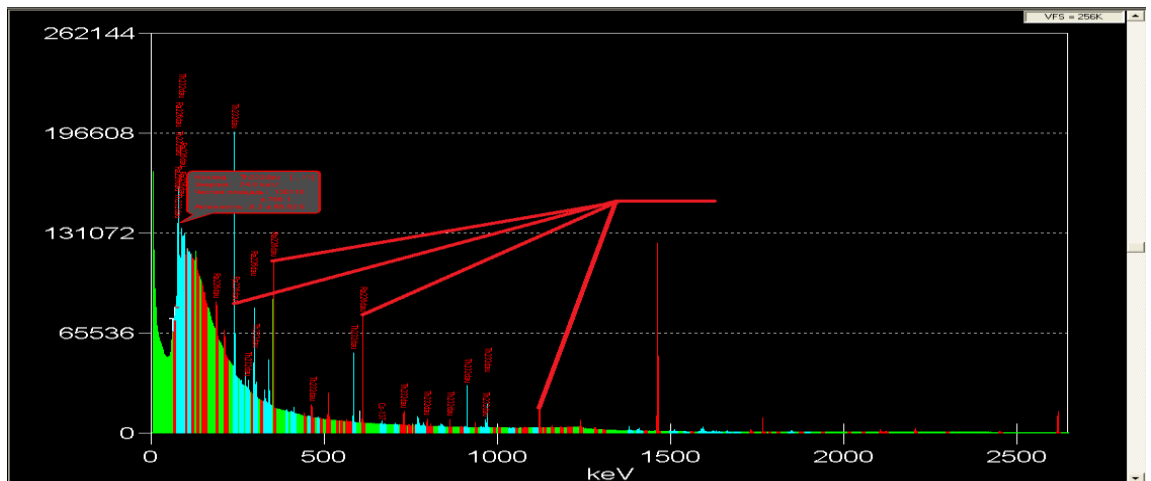


Рис. 4.3. Спектры нуклидов.

Стрелками обозначены наиболее интенсивные пики, которые использованы при расчёте средневзвешенного значения активности радия. Соответствующие им энергии, выходы и активности выделены в отчете об идентификации нуклидов (табл. 4.1).

Таблица 4.1 Отчет об идентификации нуклидов.

Нуклид	Достоверность идентификации	Энергия, кэВ	Выход, %	Активность, Bq /г	Погрешность
K-40	0.858	1461.00*	10.67	7.35515E-001	4.25717E-002
Ra226dau	0.914	74.82*	6.33	1.96882E-002	2.94083E-003
		77.11*	10.50	1.72626E-002	2.39260E-003
		87.35*	2.44	3.84448E-002	4.19699E-003
		89.79*	1.05	5.49813E-002	5.80721E-003
		186.21*	3.59	3.42565E-002	1.60938E-003
		242.00*	7.43	2.53030E-002	1.08569E-003
		295.22*	19.30	2.34278E-002	8.59868E-004
		351.93*	37.60	2.49146E-002	8.63776E-004
		609.31*	46.10	3.06845E-002	1.23173E-003
		1120.29*	15.10	4.32943E-002	1.56637E-003
		1238.11*	5.79	4.59201E-002	2.06734E-003
		1764.49	15.40		
		2204.21	5.08		

Например, удельная активность Ra-226, содержащегося в глине, высушенной при температуре 90°C, рассчитана следующим образом:

$$\bar{A}_{\text{глина}90} = 0,193 * 23,4 + 0,376 * 24,9 + 0,461 * 30,7 + 0,151 * 43,3 = 35 \text{ Бк/кг}$$

В таблицах 4.2-4.4 и на рис. 4.4-4.6 представлены результаты измерения удельной активности Ra-226 в грунтах 3-х разных типов, высушенных при разных температурах.

Табл.4.2. Результаты измерения удельной активности Ra-226, содержащегося в глине, в зависимости от температуры высушивания образцов.

Грунт и температура высушивания	Энергия, кэВ	Выход, %	A, Вq /г	$\sigma$ , Вк/kg	$\bar{A}$ , Вq/kg
Глина 90	295,22	19,30	2.343E-002	10	35
	351,93	37,60	2.491E-002		
	609,31	46,10	3.068E-002		
	1120,29	15,10	4.329E-002		
Глина 100	295,22	19,30	2.83634E-002	12	41
	351,93	37,60	2.93037E-002		
	609,31	46,10	3.62194E-002		
	1120,29	15,10	5.02047E-002		
Глина 110	295,22	19,30	1.463E-001	43	197
	351,93	37,60	1.513E-001		
	609,31	46,10	1.759E-001		
	1120,29	15,10	2.066E-001		
Глина 120	295,22	19,30	1.484E-001	45	204
	351,93	37,60	1.564E-001		
	609,31	46,10	1.824E-001		
	1120,29	15,10	2.150E-001		

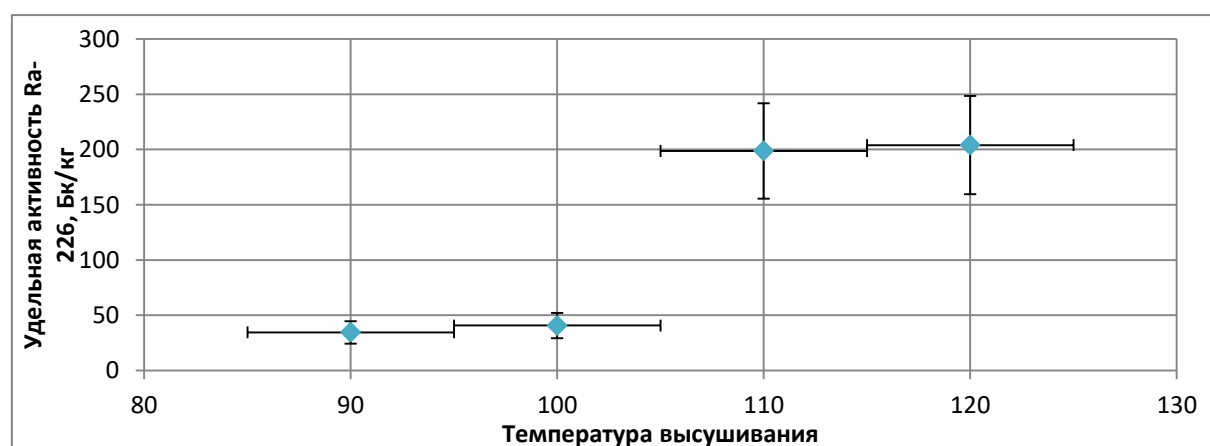


Рис. 4.4. Зависимость удельной активности Ra-226 для глины от температуры пробоподготовки.

На рисунке 4.4 представлены результаты измерения удельной

активности Ra-226 для глины. Видно, что в пределах погрешности измерений удельная активность проб, высушенных при температурах 90°C совпадает с 100°C, а 110°C совпадает с 120°C. Удельная активность пробы, высушенной при температурах 110°C (197±41 Бк/кг) и 120°C (204±45 Бк/кг), примерно в 5 раз больше чем при температурах 90°C и 100°C.

Табл. 4.3. Результаты измерения удельной активности Ra-226, содержащегося в сланце, в зависимости от температуры высушивания образцов.

Грунт и температура высушивания	Энергия, кэВ	Выход, %	A, Bq /г	σ, Bk/kg	$\bar{A}$ , Bq/kg
Сланец 90	295,22	19,30	2.22538E-001	55	288
	351,93	37,60	2.29846E-001		
	609,31	46,10	2.52149E-001		
	1120,29	15,10	2.83127E-001		
Сланец 100	295,22	19,30	1.61201E-001	50	223
	351,93	37,60	1.70264E-001		
	609,31	46,10	1.99605E-001		
	1120,29	15,10	2.39818E-001		
Сланец 110	295,22	19,30	1.35821E-001	41	187
	351,93	37,60	1.43540E-001		
	609,31	46,10	1.67267E-001		
	1120,29	15,10	1.98724E-001		
Сланец 120	295,22	19,30	1.67627E-001	52	233
	351,93	37,60	1.77652E-001		
	609,31	46,10	2.08985E-001		
	1120,29	15,10	2.47846E-001		



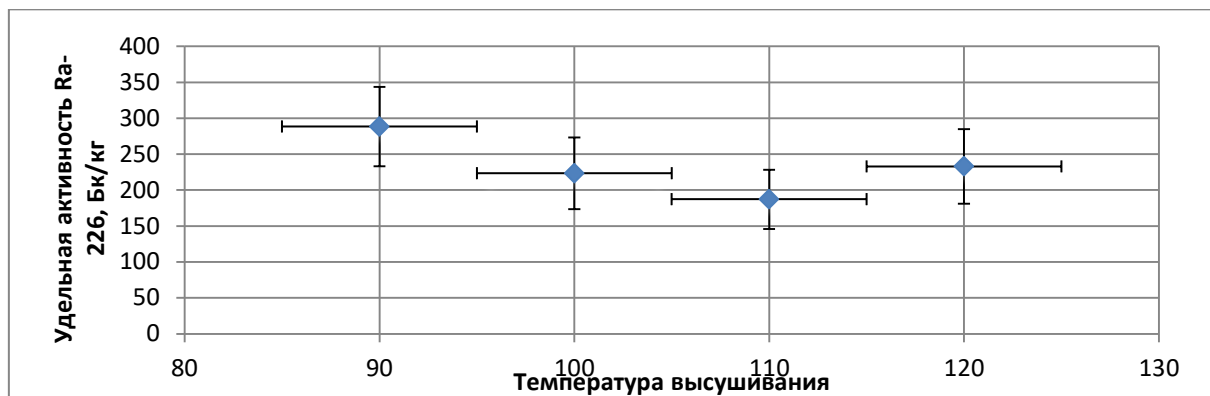


Рис. 4.5. Зависимость удельной активности Ra-226 для сланца от температуры пробоподготовки.

На рисунке 4.5 представлены результаты измерения удельной активности сланца. Видно, что в пределах погрешности измерений удельная активность проб, высушенных при температурах 90°C, 100°C, 110°C, 120°C почти совпадают.

Табл. 4.4. Результаты измерения удельной активности Ra-226, содержащийся в суглинке, в зависимости от температуры высушивания образцов.

Грунт	Энергия, кэВ	Выход, %	Активность, Вq /г	$\sigma$ , Вq/kg	$\bar{A}$ , Вq/kg
Суглинок 90	295,22	19,30	1.21716E-001	37	168
	351,93	37,60	1.29191E-001		
	609,31	46,10	1.49431E-001		
	1120,29	15,10	1.80831E-001		
Суглинок 100	295,22	19,30	1.34667E-001	42	187
	351,93	37,60	1.42601E-001		
	609,31	46,10	1.66857E-001		
	1120,29	15,10	2.00016E-001		
Суглинок 110	295,22	19,30	1.38880E-001	40	188
	351,93	37,60	1.45116E-001		
	609,31	46,10	1.67070E-001		
	1120,29	15,10	1.98331E-001		
Суглинок 120	295,22	19,30	1.39436E-001	41	190
	351,93	37,60	1.46941E-001		
	609,31	46,10	1.68796E-001		
	1120,29	15,10	1.99722E-001		

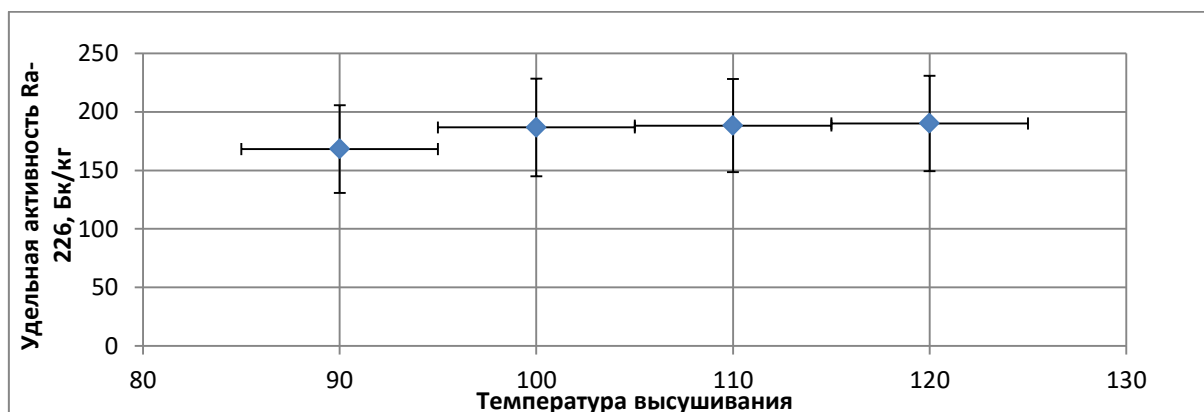


Рис. 4.6. Зависимость удельной активности Ra-226 для суглинка от температуры пробоподготовки.

На рисунке 4.6 представлены результаты измерения удельной активности Ra-226 для суглинка. Видно, что в пределах погрешности измерений удельная активность проб, высушенных при температурах 90°C, 100°C, 110°C, 120°C практически совпадают.

Сравнивая результаты, полученные для разных грунтов, нельзя сделать однозначные выводы о зависимости результатов изменения удельной активности Ra-226 от температуры высушивания образцов. Возможно, полученный результат связан с неточным соблюдением методики пробоподготовки, в частности, возможно сохранение небольшого количества влаги в некоторых образцах. Этот вывод подтверждается результатами, полученными для глины, обладающей высокой гигроскопичностью. Из выше сказанного следует, что методика пробоподготовки грунтов к гамма-спектрометрии требует дополнительного изучения.

## **Заключение**

В ходе выполнения ВКР была подобрана литература по теме исследования; изучен принцип действия и устройство полупроводникового гамма-спектрометра CANBERRA; подготовлено для гамма-спектрометрии 12 образцов грунта; проведены измерения удельной активности радия 12 образцов грунта; проведен анализ полученных результатов.

На основе проделанной работы сделаны следующие выводы:

- Наблюдается значительное увеличение удельной активности Ra-226 с ростом температуры от 90°C до 120°C для глины, обладающей высокой гигроскопичностью.
- Для суглинков и сланцев значимой зависимости удельной активности Ra-226 от температуры не обнаружено.
- Методика пробоподготовки грунтов к гамма-спектрометрии требует дополнительного изучения.

## **5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

### **Введение**

В настоящее время ценность любого научного исследования определяется не столько новизной и глобальностью открытия, заложенного в работу, сколько практической направленностью данной разработки, а именно, возможность широкого использования в предполагаемом сегменте рынка. Критерием по оценке данной практичности в первую очередь является коммерческая ценность. Оценка данного критерия позволит предположить перспективу исследования, с возможностью финансирования и поддержки со стороны заинтересованных лиц, в том числе организаций и государства.

Не стоит забывать, что привлекательность работы для коммерческих предприятий растет не только с наличием принципиально инновационных методик по разработке объекта, но и тем насколько данная методика применима и окупаема. Поэтому перед разработчиком стоит цель проводить исследования направленные на изучение возможных затрат на реализацию и оценку прибыли, полученной во время эксплуатации данной разработки и т.д.

Достижение данной цели обеспечивается решением задач:

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

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

### 5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результатом исследования являются трехмерные модели биологических тканей человека, созданные для дальнейшего изготовления антропоморфных индивидуальных фантомов на 3D-принтерах.

Целевым рынком данной работы будут являться в основном медицинские учреждения и государственные корпорации в научной и космических отраслях, а также в сфере образования. Результаты сегментирования представлены на рисунке 5.1.

		Изучение зависимости удельной активности Ra-226 в суглинках города Томска от глубины залегания			
		Научная отрасль	Космическая отрасль	Образовательная отрасль	Строительная отрасль
Потребность	Сильная				
	Слабая				

Рисунок 5.1 – Карта сегментирования рынка услуг по использованию изучения зависимости удельной активности Ra-226 в суглинках города Томска от глубины залегания

Таким образом, на рисунке 14 представлены основные потребители разработанных моделей.

### 5.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам.

Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации. Определены следующие технические критерии оценки:

— Время наработки данных – технические характеристики вычислительных технологий.

— Помехоустойчивость – способность устройства выполнять свои функции при наличии помех.

— Мобильность – возможность передвижения установок для работы в различных местах.

— Потребность в ресурсах памяти – технические характеристики вычислительных технологий.

— Наличие отходов – чистота производства.

— Простота в эксплуатации – удобство в использовании.

— Наличие дорогостоящего оборудования – возможность использования современного оборудования.

— Помимо технических критериев оценки ресурсоэффективности определены также и экономические критерии оценки:

— Конкурентоспособность продукта – соотношение достоинств и недостатков различных способов обеспечения, с помощью полученных материалов и объектов, точной диагностики в лучевой терапии.

— Стоимость реализации проекта – оценка финансовых затрат на реализацию проекта.

— Трудоемкость – количество времени, затрачиваемого на

производство единицы продукции.

— Финансирование научной разработки – поддержка государством или инвесторами.

В таблице 5.1 приведена оценочная карта сравнения конкурентных технических решений.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Время наработки данных	0,05	3	4	1	0,15	0,2	0,05
2. Помехоустойчивость	0,1	3	4	3	0,3	0,4	0,3
3. Мобильность	0,01	5	3	5	0,05	0,03	0,05
4. Потребность в ресурсах памяти	0,07	5	3	2	0,35	0,21	0,14
5. Наличие отходов	0,07	5	3	5	0,35	0,21	0,35
6. Простота в эксплуатации	0,1	5	3	1	0,5	0,3	0,1
7. Наличие дорогостоящего оборудования	0,2	4	5	5	0,8	1	1
Экономические критерии оценки эффективности							
8. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
9. Цена	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
10. Финансовая эффективность научной разработки	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
11. Трудоемкость	0,1	4	5	1	0,4	0,5	0,1
Итого	1				4,3	4,15	3,39

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i * B_i = 4,3 \quad (5.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Полученные данные в таблице 4.1 позволяют говорить о том, что исследование является эффективным, так как обеспечивает приемлемое качество результатов. Дальнейшее инвестирование данной разработки можно считать целесообразными.

### 5.1.3 SWOT-анализ

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

SWOT-анализ заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. SWOT-анализ данного научно-исследовательского проекта представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Интерактивная матрица проекта

Возможность и проекта	Сильные стороны проекта			
	C1	C2	C3	C4
B1	+	+	+	+
B2	+	+	+	+
B3	+	+	+	+
B4	+	+	+	+

В матрице пересечения сильных сторон и возможностей имеет определенный результат: «плюс» – сильное соответствие сильной стороны и возможности, «минус» – слабое соотношение.

В результате была составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 5.3.



Таблица 5.3 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны проекта: С1.Актуальность предлагаемого решения.</p> <p>С2.Применение современного оборудования и программного обеспечения.</p> <p>С3.Бюджетное финансирование.</p> <p>С4.Получение результатов высокой точности</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1.Малое количество результатов.</p> <p>Сл2.Необходимость экспериментального подтверждения результатов</p> <p>Сл3.Необходимость ручного редактирования</p> <p>Сл4.Ограниченный круг потребителей</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1.Использование разработки для дальнейших исследований.</p> <p>В2.Разработка процедур и регламентов для создания новых критериев оценки радионормативности.</p> <p>В3.Расширение возможностей данной разработки.</p> <p>В4.Спрос на результаты исследования при проведении новых измерений.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</p> <p>1. Полное обеспечение условий для применения расчетов.</p> <p>2. Заинтересованность различных организаций и групп ученых в проведенных исследованиях.</p> <p>3. Высокая точность получаемых результатов позволяет повысить спрос на разработку.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</p> <p>1.Экспериментальное подтверждение полученных результатов может быть только частично реализовано в НИИ ТПУ.</p> <p>3. Круг потребителей можно увеличить, если повысить количество исследуемых грунтов, а также еще более упростить алгоритм работы с разработкой.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1.Низкий спрос со стороны заказчиков.</p> <p>У2.Вероятность разработки подобных методов другими организациями.</p> <p>У3.Сложность продвижения разработки.</p> <p>У4.Отсутствие возможности проведения сложных экспериментов.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»:</p> <p>1.Благодаря возможностям и простоте алгоритмов разработки и своевременному финансированию продвижения на рынок может стать успешным.</p> <p>2.Дополнительное финансирование позволит провести дальнейшие исследования в улучшении разработки.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»:</p> <p>1.Сотрудничество с заинтересованными организациями поможет облегчить процесс проведения сложных экспериментов.</p>

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

имеющихся сильных сторон разработки.

## **5.2 Планирование научно-исследовательских работ**

### **5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей  
Временные показатели проведения научного исследования

	Контрольное событие	Длительность Кал. дней	Дата	Результат (подтверждающ ий документ)	Состав участников
	Разработка технического задания	3	7.02.2020-10.02.2020	Приказ о ВКР	руководитель
	Составление и утверждение технического задания	5	10.02.2020-15.02.2020	Задание на выполнение исследования	руководитель инженер
	Выбор направления исследований	1	15.02.2020	-	руководитель инженер
	Подбор и изучение материалов по теме	5	15.02.2020-20.02.2020	Отчёт	руководитель инженер
	Календарное планирование работ	1	20.02.2020	План работ	инженер
	Изучение программного обеспечения	13	20.02.2020-05.03.2020	Отчёт	инженер
	Пробоотбор	10	05.03.2020-15.03.2020	Отчёт	инженер
	Просушивание грунтов	46	15.03.2020-30.04.2020	Отчёт	инженер
	Пробоподготовка	46	25.03.2020-10.05.2020	Отчет	инженер
0	Разработка методики эксперимента	31	30.03.2020-30.04.2020	Методика	руководитель инженер
1	Проведение эксперимента	20	30.04.2020-20.05.2020	-	руководитель инженер
2	Обобщение и оценка результатов	1	25.05.2020	Отчёт	инженер
3	Составление пояснительной записки	100	14.02.2020-25.05.2020	Пояснительная записка	руководитель инженер
4	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	1	27.05.2020		инженер
5	Подготовка к защите	25	05.05.2020-30.05.2020		инженер

В ходе научного исследования был построен ленточный график в форме диаграмм Гантта, таблица 4.6. Диаграмма Гантта – горизонтальный ленточный график, на котором плановые работы по теме представляются

протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 5.5 – Календарный график проведения ВКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																		
				февр.			март			апрель			май									
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2								
1	Составление и утверждение темы дипломной работы	Р	4	■																		
2	Анализ актуальности темы	Р, С	3		■																	
3	Поиск и изучение материала по теме	Р, С	7		■	■																
4	Выбор направления исследования	Р	3			■																
5	Календарное планирование работ	Р	1																			
6	Подбор нормативных документов	Р, С	16				■	■														
7	Изучение экспериментальной методики	С	6					■	■													
8	Исследование кратеров на поверхности стали при лазерном воздействии	Р, С	25							■	■	■										
9	Анализ результатов	Р, С	6																			
10	Заключение	С	7																			
11	Оформление пояснительной записки к ВКР	С	15																			
12	Подготовка к защите ВКР	С	10																			

■ – Студент; ■ – Руководитель.

### 5.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования должно быть обеспечено полное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе расчета бюджета научно-технического исследования используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

#### 5.3.1 Расчет материальных затрат

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты

Таблица 5.6 – Расходы на материалы

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб
Пластиковые емкости	-	20 шт.	10	200
Азот	-	20 л.	50	1000
Электроэнергия	-	400кВт*ч	4,3	1720
Бумага	Снегурочка	1 пачка	270	270
Ручка	MaxRitter	4	50	200
Доступ в интернет	КЦ	5 месяца	350	1750
Всего материалов				5140
Транспортно-заготовительные расходы				0
Итого				5140

### 5.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.5)$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m,$$

Специальное оборудование, используемое для работы, входит в виде амортизационных отчислений за период использования. Цена компьютера ASUS составляет 45 тысяч рублей, срок службы 3 года. Исходя из этого, были рассчитаны амортизационные отчисления и норма амортизации для данных средств.

Расчет амортизационных отчислений ведется по формуле:

где  $A$  – амортизационные отчисления, руб.;  $C$  – стоимость оборудования, руб.;  $H_A$  – годовая норма амортизации, %;  $T_0$  – время использования оборудования, ч.

Годовая норма амортизации для персонального компьютера ASUS составляет 10 %.

Рассчитаем амортизационные отчисления за период использования ПК ASUS:

$$A = \frac{H_A * C * T_0}{3 * 365 * 100\%} = \frac{10 * 45000 * 90}{1095 * 100\%} = 369,86 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления по единицам оборудования приведены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Амортизационные отчисления по единицам используемого оборудования.

Наименование оборудования	Количество	С, руб.	$H_A$ , %	$T_0$ , дни	А, руб.
ПЭВМ	1	45000	10	90	369,86
Итого, руб.:	369,86				

В данной работе к спецоборудованию, необходимому для проведения экспериментальных работ, а именно создание материалов и объектов относится гамма - спектрометр для проведения измерений «CANBERRA», стоимость которого составляет 5000000 руб., назначенный срок службы - 10 лет.

Рассчитываем затраты на приобретения оборудования, используемого в проведении работы. Специальное оборудование, используемое для работы, входит в виде амортизационных отчислений за период использования.

Исходя из данных, представленных выше, были рассчитаны амортизационные отчисления и норма амортизации для данных средств. Годовая норма амортизации для устройства «CANBERRA» составляет 10 %.

Рассчитаем амортизационные отчисления для устройства «CANBERRA»:

$$C = Ц_{эл} * P * F_{об} = 4,30 * 0,22 * 48 = 45,4 \text{ руб,}$$

(4)

где  $A$  – амортизационные отчисления, руб.;  $C$  - стоимость оборудования, руб.;  $H_A$  - годовая норма амортизации, %;  $T_0$  – время

использования оборудования, ч.

Амортизационные отчисления по единицам оборудования приведены в таблице 5.8.

Наименование оборудования	Количество	$C$ , руб.	$H_A$ , %	$T_0$ , дни	$A$ , руб.
CANBERRA	1	5000000	10	90	12328,76
Итого, руб.					12328,76

### **5.3.3 Затраты на основную и дополнительную оплату труда исполнителей научно-технического исследования**

Статья включает основную заработную плату работников (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{ЗП} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (5.5)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата. Основная заработная плата научного руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

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

2. Стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д. Дополнительная заработная плата включает оплату за непроработанное время (очередной и учебный отпуск, выполнение государственных обязанностей, выплата вознаграждений за выслугу лет и т.п.) и рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:



$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}, \quad (5.6)$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата в рублях;  $K_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата в рублях.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = T_{\text{раб}} * Z_{\text{дн}}, \quad (5.7)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;  $T_{\text{раб}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником в рабочих днях;  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника в рублях.

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{м}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{T_{\text{д}}} \quad (5.8)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

а) при отпуске в 56 раб. дн.  $M = 10,1$  месяца, 5-дневная неделя; б) при отпуске в 48 раб. дн. месяца, 6-дневная неделя.  $M = 10,4$

$T_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 5.9).

Таблица 5.9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные, праздники):	118	118
-выходные;	100	100
-праздничные.	18	18
Отпуск	45	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	218	232

Инженер ежемесячно получает в размере 17000 руб. Основная заработная плата научного руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда предполагает следующий состав заработной платы:

- оклад – определяется предприятием;
- стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.;
- доплата за работу во вредных условиях труда;
- оперативная премия.

Для расчёта месячного должностного оклада работника применяется формула:

$$Z_M = Z_{OK} * k_z, \quad (5.9)$$

где  $Z_{OK}$  – заработная плата по окладу, руб.;  $k_z$  – зонный коэффициент, равный 1,2.

Руководителем данной научно-исследовательской работы является сотрудник в должности старший научный сотрудник лаборатории № 40 технической томографии и интроскопии Инженерная школа неразрушающего контроля Томского политехнического университета окладом 26100 руб. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{OK}$ , руб.	$Z_M$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_{раб}$ , дн	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	26100	31320	1451	8	11608
Инженер	17000	12880	1290	63	81270
Итого $Z_{осн}$ :					106809,7

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.

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15 % от основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} * k_{\text{доп}}, \quad (5.11)$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы;  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

Примем коэффициент дополнительной заработной платы для научного руководителя равным 15 %.

### 5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (5.12)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009

№212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2020г. ставка 30% (п. 6 ч. 1 ст. 58 Закона 212-ФЗ).

$$k_{\text{внеб}} = k_{\text{пф}} + k_{\text{с}} + k_{\text{пн}}, \quad (5.13)$$

Где  $k_{\text{пф}}$  – коэффициент отчисления в пенсионный фонд;  $k_{\text{с}}$  – коэффициент отчисления страховых взносов;  $k_{\text{пн}}$  – коэффициент отчисления в подоходный налог.

### 5.3.5 Накладные расходы

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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (5.14)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

#### **5.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 5.11 – Расчет бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты исследования	5140
2. Амортизационные отчисления	12698,62
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	92878
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	13913,17
5. Отчисления во внебюджетные фонды	32042,9
6. Накладные расходы	25170,6
<b>Бюджет затрат исследования</b>	<b>181761,82</b>

#### **5.5 Определение ресурсной эффективности исследования**

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.15)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го

варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^b$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности данного исследования представлен в форме таблицы 5.12.

Таблица 5.12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	2
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	5	3
3. Помехоустойчивость	0,15	4	4	2
4. Энергосбережение	0,20	5	4	3
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	3	4
ИТОГО	1	4,3	4	3,15

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{исп.i} = \frac{\Phi_{p.i}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (5.13)$$

Где  $\Phi_i$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{82799,75}{900000} = 0,91$$

$$J_{\Phi}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{110000}{82799,75} = 1,32$$

$$J_{\Phi}^{a2} = \frac{\Phi_{a2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{90000}{82799,75} = 1,09$$

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения НТИ (в т.ч. аналоги).

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта ( $J_{\text{финр}}^p$ ) и аналогов ( $J_{\text{финр}}^a$ ) позволит определить сравнительную эффективность проекта.

$$J_{\text{финр}}^p = \frac{I_{\text{финр}}^{pmax}}{I_{\text{финр}}^p}$$

$$J_{\text{финр}}^a = \frac{I_{\text{финр}}^{amax}}{I_{\text{финр}}^a}$$

$$J_{\text{финр}}^p - \frac{4,3}{0,91} = 4,73$$

$$J_{\text{финр}}^{a1} - \frac{4}{1,32} = 3,03$$

$$J_{\text{финр}}^{a2} - \frac{3,15}{1,09} = 2,88$$

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{J_{\text{финр}}^p}{I_m^p}$$

Таблица 5.13– Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки и аналогов	4	3,15	4,3
Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки и аналога	3,03	2,88	4,73
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,76	0,91	1,1

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

### Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 95 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 65 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 10 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 181761,82 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 1, что является показателем того, что ИР является финансово не выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,8 и 4,05;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,18, по сравнению с 4,18 и 4,05, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## **6. Социальная ответственность**

### **Введение**

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

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда (Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ) [12].

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

Опасным производственным фактором, согласно [12], называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.



## **6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **6.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства**

Основные положения по охране труда изложены в Трудовом кодексе Российской Федерации. В этом документе указано, что охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасных условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма являются одной из главных забот государства.

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;

- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

## 6.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как изображено на рисунке 1.

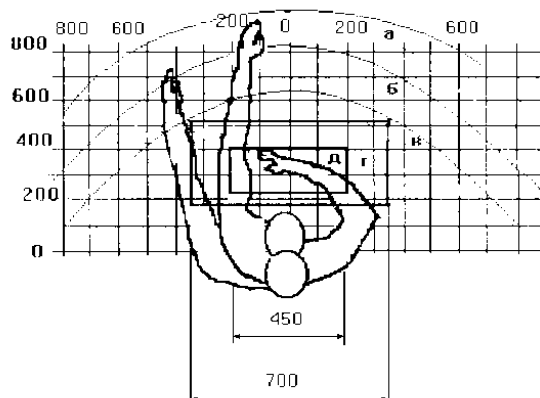


Рисунок 6.1 - Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а - зона максимальной досягаемости рук; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

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);
- литература и документация, необходимая при работе находится в зоне легкой досягаемости ладони - в (слева);
- в выдвижных ящиках стола - литература, не используемая постоянно.

При выборе рабочего места, а именно письменного стола должны быть учтены следующие требования, которые представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1. Требования к оснащению рабочего места, предусматривающего длительную работу за ПК

Ширина рабочего стола	От 80 до 140 см
Высота рабочего стола	75 см
Глубина рабочего стола	От 60 до 80 см
Расстояние от глаз до монитора	От 50 до 60 см
Расстояние клавиатуры от края стола	От 10 до 30 см
Сидение	Должно позволять регулировку по высоте, повороту и углу наклона спинки (регулировки должны быть независимыми друг от друга)
Пространство для ног	Ширина от 30 см, глубина – от 40 см, с углом наклона до 20 градусов

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.

Также должна предусматриваться возможность регулировки экрана монитора:

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

В случае если работа оператора предполагает однообразную умственную работу, которая требует значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, то лучше всего выбирать неяркие, малоконтрастные цветовые оттенки (слабонасыщенные оттенки холодного голубого или зеленого цветов), которые не ослабляют внимание. Если работа требует большой умственной и физической напряженности, тогда следует использовать более теплые оттенки, которые способствуют повышению концентрации внимания.

### **6.3 Производственная безопасность**

#### **6.3.1 Анализ вредных и опасных факторов**

Для проведения экспериментов в работе используется полупроводниковый гамма-спектрометр CANBERRA.

Производственные условия на месте выполнения работы характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые по природе возникновения делятся на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Опасные и вредные факторы, которые могут воздействовать на персонал при проведении эксперимента и работе на ПЭВМ, приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Этапы работ		Нормативные документы
	Экспертиза	Работа	
1. Повышенный уровень ионизирующих излучений			СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009
2. Отклонение показателей микроклимата			СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
3. Повышенный уровень электромагнитного излучения			ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны			СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
5. Превышение уровня шума			СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки

6. Психофизиологические нагрузки			СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
7. Поражение электрическим током			ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

К психологически вредным факторам, воздействующим на персонал, можно отнести:

- нервно - эмоциональные перегрузки;
- умственное напряжение;
- физические перегрузки.

Биологические и химические вредные производственные факторы отсутствуют.

#### **6.4 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия вредных и опасных факторов**

##### **6.4.1 Повышенный уровень ионизирующего излучения**

Источники ионизирующего излучения (ИИ) разделяют на:

1. Природные источники ионизирующего излучения:
  - Спонтанный радиоактивный распад радионуклидов.
  - Термоядерные реакции, например, на Солнце.
  - Индуцированные ядерные реакции в результате попадания в ядро высокоэнергетических элементарных частиц или слияния ядер.
  - Космические лучи.
2. Искусственные источники ионизирующего излучения:
  - Искусственные радионуклиды.

В работе проводились измерения содержания Ra-226 в грунте.

Все работы, связанные с использованием радионуклидов, должны проводиться в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

- «Нормы радиационной безопасности - НРБ-99»;
- «Основные санитарные правила работ с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующего излучения - ОСП-72/87».

Для оценки опасности или безопасности того или иного радиационного воздействия излучений на человека, которое, как известно, измеряется дозой, используются основные дозовые пределы.

Предельно допустимая доза (ПДД) — наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которая при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья профессионального работника неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Предел дозы (ПД) равен величине годовой эффективной или эквивалентной дозы в органе или ткани, которая не должна превышать в условиях нормальной работы. Соблюдение предела годовой дозы предотвращает возникновение детерминированных эффектов, а вероятность стохастических эффектов сохраняется при этом на приемлемом уровне.

Основные пределы доз облучения от техногенных источников, приведенные в табл. 3, не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) — 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) — 70 мЗв. При одновременном воздействии на человека

источников внешнего и внутреннего облучения годовая эффективная доза не должна превышать пределов доз, приведенных в табл. 6.3.

Таблица 6.3. Основные пределы доз

Нормируемые величины*	Пределы доз	
	персонал (группа А)**	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в хрусталике	150 мЗв	15 мЗв
глаза***	500 мЗв	50 мЗв
коже****	500 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

**Примечания:**

\* - Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.

\*\* - Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни воздействия персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А. Далее в тексте все нормативные значения для категории персонал приводятся только для группы А.

\*\*\* - Относится к дозе на глубине 300 мг/см<sup>2</sup>.

\*\*\*\* - Относится к среднему по площади в 1 см<sup>2</sup> значению в базальном слое кожи толщиной 5 мг/см<sup>2</sup> под покровным слоем толщиной 5 мг/см<sup>2</sup>. На ладонях толщина покровного слоя - 40 мг/см<sup>2</sup>. Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого 1 см<sup>2</sup> площади кожи этот предел не будет превышен. Предел дозы при облучении кожи лица обеспечивает не превышение предела дозы на хрусталик от бета-частиц.

Защита персонала от источников ионизирующего излучения должна обеспечиваться:



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

#### **6.4.2 Отклонение показателей микроклимата**

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с нормами и приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4. 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
Теплый	22-24	40	0,1

Отклонение показателей микроклимата от нормы не вызывает повреждений или нарушений состояния здоровья, но может приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения в помещениях соответствующего микроклимата.

Периодически должен вестись контроль влажностью воздуха. В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования.

### 6.4.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения

Экран и системные блоки ЭВМ производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна соответствовать таблице 6.5.

Повышенный уровень электромагнитного излучения может негативно влиять на организм человека, а именно приводить к нервным расстройствам, нарушению сна, значительному ухудшению зрительной активности, ослаблению иммунной системы, расстройствам сердечно-сосудистой системы.

Таблица 6.5. Допустимые уровни параметров электромагнитного поля

Наименование параметров		Величина допустимого уровня
Напряженность электромагнитного поля	Диапазон частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	Диапазон частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	Диапазон частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	Диапазон частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл

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.

#### **6.4.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

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

По нормативам (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий) освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м, защитный угол светильников должен быть не менее 40°. Коэффициент запаса (Кз) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться:

- системой общего равномерного освещения.

В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы:

- комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники;
- местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

### 6.4.5 Превышение уровня шума

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, оказывает влияние не только на слуховой анализатор, но действует на структуры головного мозга, вызывая сдвиги в различных функциональных системах организма. Среди многочисленных проявлений неблагоприятного воздействия шума на организм человека выделяются: снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления и снижение производительности труда, появление шумовой патологии.

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 .

В таблице 6.6 приведены нормы уровня шума при различных видах работ.

Таблица 6.6. Нормативы уровня шума при различных видах работ

	Максимально допустимый уровень шума (дБ), в полосах следующих октав (Гц)									Эквивалентные уровни шума, дБА
	8	7	6	5	4	4	4	4	3	
Научная работа, расчеты, конструирование	6	1	1	4	9	5	2	0	8	50
Офисы, лаборатории	3	9	0	8	8	5	2	2	9	60

#### **6.4.6 Психофизиологические факторы**

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Трудовая деятельность работников непроизводственной сферы относится к категории работ, связанных с использованием больших объемов информации, с применением компьютеризированных рабочих мест, с частым принятием ответственных решений в условиях дефицита времени, непосредственным контактом с людьми разных типов темперамента и т.д. Это обуславливает высокий уровень нервно-психической перегрузки, снижает функциональную активность центральной нервной системы, приводит к расстройствам в ее деятельности, развития утомления, переутомления, стрессу.

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха (СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»).

#### **6.4.7 Поражение электрическим током**

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается [14]. Не следует работать с ЭВМ и другими электрическими установками в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам и металлическим корпусом

электрооборудования.

Исследователь работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами, а также с полупроводниковым гамма-спектрометром CANBERRA.

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, механическое и биологическое воздействие.

Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагреве кровеносных сосудов и других органов, в результате чего в них возникают функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока характеризуется разложением крови и других органических жидкостей, что вызывает нарушения их физико-химического состава.

Механическое действие тока проявляется в повреждениях (разрыве, расслоении и др.) различных тканей организма в результате электродинамического эффекта.

Биологическое действие тока на живую ткань выражается в опасном возбуждении клеток и тканей организма, сопровождающемся произвольными судорожными сокращениями мышц. В результате такого возбуждения может возникнуть нарушение и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения.

Причинами смерти от воздействия электрического тока могут быть остановка сердца или его фибрилляция. Фибрилляция (от лат. fibra - волокно). Хаотическое сокращение отдельных волокон сердечной мышцы, не способное поддерживать его эффективную работу и самостоятельно (без энергичных лечебных мер) не проходящее. Прекращение дыхания и электрический шок – своеобразная нервно-рефлекторная реакция организма в ответ на сильное раздражение электрическим током, сопровождающаяся расстройством кровообращения, дыхания, обмена веществ и т.д. Шоковое состояние может продолжаться от нескольких десятков минут до суток. При длительном шоковом состоянии может наступить смерть.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

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

### **6.5 Экологическая безопасность**

В работе проводится изучение удельной активности Ra-226 в зависимости от температуры высушивания. При этом используется полупроводниковый гамма-спектрометр CANBERRA.

Влияние эксплуатации оборудования на окружающую среду минимально. Наибольший вред от них в работе – потребление электроэнергии. ПЭВМ и CANBERRA не производят выбросов вредных веществ, не создают излучения, способного нарушить экологическую

безопасность природы. Однако их производство и утилизация составляют серьезную проблему. Так, при производстве ПЭВМ и других устройств используются тяжелые, щелочноземельные металлы, ртуть, пластик и стекло, что без должной утилизации по окончании службы попадает в природу и остается в не переработанном виде от века до полутора тысяч лет.

Необходима правильная утилизация ПЭВМ и других систем, а также их комплектующих.

Снижение уровня загрязнения окружающей среды возможно за счёт более эффективного и экономного использования электроэнергии самими потребителями. Это использование более экономичного оборудования, а также эффективного режима загрузки этого оборудования. Сюда также включается и соблюдение производственной дисциплины в рамках правильного использования электроэнергии.

Из этого можно сделать простой вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением, ответственно относиться к утилизации различных устройств, т.к. они могут разлагаться в окружающей среде от десятков до сотен лет.

## **6.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **6.6.1 Анализ типичной ЧС при проведении исследования**

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка, сложившаяся на определенной территории в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

При проведении исследования наиболее вероятной ЧС является пожар. Пожар в рабочем помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.



К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнём (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- искрение;
- статическое электричество.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

Причины возникновения короткого замыкания:

- ошибки при проектировании;
- старение изоляции;
- увлажнение изоляции;
- механические перегрузки.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

### **6.6.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и порядок действий в случае возникновения ЧС**

Пожарная безопасность помещения должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т. к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;

- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Рабочее помещение должно быть оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации. План эвакуации представляет собой заранее разработанную схему, на которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации.

Существует порядок действий и правила поведения в случае возникновения пожара:

- 1) Незамедлительно позвонить в аварийную службу или МЧС (112);
- 2) Поставить в известность руководство (дежурного);
- 3) По возможности принять меры для эвакуации людей и меры для тушения пожара.

### **Выводы по разделу**

В данном разделе рассмотрены вопросы социальной ответственности, к которым относятся правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность, а также безопасность в ЧС.

В первой части раздела рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

В подразделе «Производственная безопасность» проведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований. В результате выявлены следующие факторы: Повышенный уровень ионизирующего излучения, отклонение показателей микроклимата, повышенный уровень электромагнитного излучения, повышенный уровень электромагнитного излучения, недостаточная освещенность рабочей зоны, превышение уровня шума, психофизиологические факторы, поражение электрическим током, которые при должном контроле могут негативно повлиять на здоровье человека.

В подразделе «Экологическая безопасность» проведен обзор возможного влияния процесса исследования на окружающую среду, также рассмотрены меры по защите окружающей среды.

В заключительной части раздела «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» проведен анализ вероятной чрезвычайной ситуации (ЧС), которая может возникнуть на рабочем месте при проведении исследований, помимо этого приведены мероприятия по предотвращению ЧС и порядок действий во время возникновения ЧС.

## Список литературы

1. [https://www.researchgate.net/publication/285667206\\_Suggested\\_sample\\_processing\\_procedure\\_for\\_immediate\\_gamma-ray\\_spectroscopy\\_determinations\\_of\\_Ra-226\\_activities\\_in\\_soil\\_samples](https://www.researchgate.net/publication/285667206_Suggested_sample_processing_procedure_for_immediate_gamma-ray_spectroscopy_determinations_of_Ra-226_activities_in_soil_samples)
2. J. Swakon', K. Kozak, M. Paszkowski, R. Gradzin' ski, J. qoskiewicz, J. Mazur, M. Janik, J. Bogacz, T. Horwacik, P. Olko. Radon concentration in soil gas around local disjunctive tectonic zones in the Krakow area // Journal of Environmental Radioactivity 2004 № 78 p. 137–149.
3. T. Kovács, A. Gregorič, J. Vaupotič. Radon emanation of soils from different lithological units. // Carpathian journal of earth and environmental sciences 2013. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, May 2013, Vol. 8, No. 2, p. 185 – 190.
4. L. Mabit, P. Dornhofer, P. Martin, A. Toloza, V. Zupanc. Depth distribution of selected geogenic radionuclides (K-40 Ra-226 Th-232) and anthropogenic Cs-137 in an undisturbed forest soil in East Slovenia<sup>34</sup> (2001) 423–426.
5. Kh. Haddad\*, M.S. Al-Masri, A.W. Doubal. Determination of <sup>226</sup>Ra contamination depth in soil using the multiple photopeaks method. Journal of Environmental Radioactivity 128 (2014) 33e37
6. Экологическое поведение радия. стр. 323-342. // TECHNICAL REPORTS SERIES» № 310. (1990 г.)
7. Балдин С.А., Вартанов Н.А., Ерыхайлов Ю.В., Иоаннесянц Л.М., Матвеев В.В., Сельдяков Ю.П. Прикладная спектрометрия с полупроводниковыми детекторами. «Атомиздат» г. Москва Глава 5. Спектрометрия жесткого γ-излучения. С. 178-228.
8. Акимов Ю.К., Игнатьев О.В., Калинин А.И., Кушнирук В.Ф. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике. «Энергоатомиздат», г. Москва.

9. Электронный ресурс. Основные типы взаимодействия излучения с веществом. [URL: <https://www.ld-didactic.de/software/524221de/Content/Appendix/ComptonSpectrum.htm>]. Дата обращения: 10.11.2018 г.

10. Электронный ресурс. Основы гамма – спектрометрии. [URL: <http://aes.pp.ua/RSafety/P11-06.htm>] Дата обращения: 25.12.2018 г.

11. ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ «CANBERRA»  
Приложение к свидетельству № 586811 об утверждении типа средств измерений.

12. Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ.

13. Назаренко О.Б. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2001. – 87 с.

14. ГОСТ 12.1.019-79. Электробезопасность.

15. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы».

Приложение 1. Отчёты об идентификации нуклидов в образцах грунтов, высушенных при разных температурах.

**Глина**

**Глина90**

Нуклид	Достоверность идентификации	Энергия, кэВ	Выход, %	Активность, Вq /г	Погрешность
K-40	0.858	1461.00*	10.67	7.35515E-001	4.25717E-002
Ra226dau	0.914	74.82*	6.33	1.96882E-002	2.94083E-003
		77.11*	10.50	1.72626E-002	2.39260E-003
		87.35*	2.44	3.84448E-002	4.19699E-003
		89.79*	1.05	5.49813E-002	5.80721E-003
		186.21*	3.59	3.42565E-002	1.60938E-003
		242.00*	7.43	2.53030E-002	1.08569E-003
		295.22*	19.30	2.34278E-002	8.59868E-004
		351.93*	37.60	2.49146E-002	8.63776E-004
		609.31*	46.10	3.06845E-002	1.23173E-003
		1120.29*	15.10	4.32943E-002	1.56637E-003
		1238.11*	5.79	4.59201E-002	2.06734E-003
		1764.49	15.40		
		2204.21	5.08		

**Глина100**

Нуклид	Достоверность идентификации	Энергия, кэВ	Выход, %	Активность, Вq /г	Погрешность
K-40	0.901	1461.00*	10.67	8.06028E-001	4.65786E-002
Cs-137	0.991	661.66*	85.10	1.25344E-004	2.06702E-005
Ra226dau	0.920	74.82*	6.33	1.03538E-002	1.54170E-003
		77.11*	10.50	3.63693E-002	5.02919E-003
		87.35*	2.44	7.84185E-002	8.39001E-003
		89.79*	1.05	2.67081E-002	2.67441E-003
		186.21*	3.59	4.12079E-002	1.77443E-003
		242.00*	7.43	3.19970E-002	1.30185E-003
		295.22*	19.30	2.83634E-002	1.02128E-003
		351.93*	37.60	2.93037E-002	1.00701E-003
		609.31*	46.10	3.62194E-002	1.44455E-003
		1120.29*	15.10	5.02047E-002	1.74809E-003
		1238.11*	5.79	5.37771E-002	2.17623E-003
		1764.49	15.40		
		2204.21	5.08		

**Глина110**

Нуклид	Достоверность идентификации	Энергия, кэВ	Выход, %	Активность, Вq /г	Погрешность
Cs-137	0.976	661.66*	85.10	5.97520E-004	9.65430E-005
Ra226dau	0.870	74.82*	6.33	4.36368E-001	2.90555E-001
		77.11*	10.50	3.42929E-001	2.06824E-001
		87.35*	2.44	4.85719E-001	1.86833E-001
		89.79*	1.05	6.51923E-001	2.21986E-001
		186.21*	3.59	2.18479E-001	2.22916E-002
		242.00*	7.43	1.63847E-001	1.25872E-002
		295.22*	19.30	1.46271E-001	7.75694E-003
		351.93*	37.60	1.51311E-001	6.97709E-003
		609.31*	46.10	1.75856E-001	8.99210E-003
		1120.29*	15.10	2.06626E-001	9.11097E-003
		1238.11*	5.79	2.17578E-001	1.10370E-002
		1764.49	15.40		
		2204.21	5.08		

## Глина120

Нуклид	Достоверность идентификации	Энергия, кэВ	Выход, %	Активность, Bq /г	Погрешность
K-40	0.949	1461.00*	10.67	3.53625E+000	3.21215E-001
Cs-137	0.998	661.66*	85.10	6.86907E-004	6.62478E-005
Ra226dau	0.956	74.82*	6.33	4.68254E-001	3.12337E-001
		77.11*	10.50	3.55221E-001	2.14681E-001
		87.35*	2.44	5.11711E-001	1.97385E-001
		89.79*	1.05	7.06619E-001	2.40879E-001
		186.21*	3.59	2.37748E-001	2.41615E-002
		242.00*	7.43	1.66842E-001	1.27887E-002
		295.22*	19.30	1.48422E-001	7.86217E-003
		351.93*	37.60	1.56358E-001	7.20013E-003
		609.31*	46.10	1.82353E-001	9.31779E-003
		1120.29*	15.10	2.14963E-001	9.41732E-003
		1238.11*	5.79	2.31029E-001	1.14832E-002
		1764.49*	15.40	2.78548E-001	5.79811E-002
		2204.21	5.08		

## Сланец

### Сланец 90

Нуклид	Достоверность идентификации	Энергия, кэВ	Выход, %	Активность, Bq /г	Погрешность
K-40	0.861	1461.00*	10.67	3.85531E+000	3.50940E-001
Cs-137	0.989	661.66*	85.10	4.25980E-004	7.36468E-005
Ra226dau	0.876	74.82*	6.33	6.24838E-001	4.16183E-001
		77.11*	10.50	5.04593E-001	3.04436E-001
		87.35*	2.44	7.01219E-001	2.69887E-001
		89.79*	1.05	9.76713E-001	3.32063E-001
		186.21*	3.59	3.34248E-001	3.39512E-002
		242.00*	7.43	2.46464E-001	1.88636E-002
		295.22*	19.30	2.22538E-001	1.17773E-002
		351.93*	37.60	2.29846E-001	1.05841E-002
		609.31*	46.10	2.52149E-001	1.28814E-002
		1120.29*	15.10	2.83127E-001	1.24081E-002
		1238.11*	5.79	3.02874E-001	1.50729E-002
		1764.49	15.40		
		2204.21	5.08		

### Сланец 100

Нуклид	Достоверность идентификации	Энергия, кэВ	Выход, %	Активность, Bq /г	Погрешность
K-40	0.955	1461.00*	10.67	4.48164E+000	4.07018E-001
Cs-137	0.997	661.66*	85.10	8.99714E-004	7.86584E-005
Ra226dau	0.958	74.82*	6.33	5.21257E-001	3.47668E-001
		77.11*	10.50	3.97214E-001	2.40079E-001
		87.35*	2.44	5.69180E-001	2.19522E-001
		89.79*	1.05	8.01764E-001	2.73375E-001
		186.21*	3.59	2.39512E-001	2.43518E-002
		242.00*	7.43	1.84407E-001	1.41374E-002
		295.22*	19.30	1.61201E-001	8.54021E-003
		351.93*	37.60	1.70264E-001	7.84070E-003
		609.31*	46.10	1.99605E-001	1.01997E-002
		1120.29*	15.10	2.39818E-001	1.05071E-002
		1238.11*	5.79	2.59750E-001	1.29145E-002
		1764.49*	15.40	3.01991E-001	6.28524E-002
		2204.21	5.08		

## Сланец 110

Нуклид	Достоверность идентификации	Энергия, кэВ	Выход, %	Активность, Bq /г	Погрешность
K-40	0.864	1461.00*	10.67	3.66564E+000	3.33683E-001
Cs-137	0.982	661.66*	85.10	8.26425E-004	1.04638E-004
Ra226dau	0.876	74.82*	6.33	4.23858E-001	2.82405E-001
		77.11*	10.50	3.28872E-001	1.98411E-001
		87.35*	2.44	4.67109E-001	1.79780E-001
		89.79*	1.05	6.55132E-001	2.23198E-001
		186.21*	3.59	1.94292E-001	1.98610E-002
		242.00*	7.43	1.53169E-001	1.17808E-002
		295.22*	19.30	1.35821E-001	7.20842E-003
		351.93*	37.60	1.43540E-001	6.61999E-003
		609.31*	46.10	1.67267E-001	8.55486E-003
		1120.29*	15.10	1.98724E-001	8.77093E-003
		1238.11*	5.79	2.17205E-001	1.10317E-002
		1764.49	15.40		
		2204.21	5.08		

## Сланец 120

Нуклид	Достоверность идентификации	Энергия, кэВ	Выход, %	Активность, Bq /г	Погрешность
Cs-137	0.979	661.66*	85.10	8.58083E-004	9.37938E-005
Ra226dau	0.873	74.82*	6.33	5.26034E-001	3.50333E-001
		77.11*	10.50	3.96392E-001	2.39140E-001
		87.35*	2.44	5.70435E-001	2.19402E-001
		89.79*	1.05	8.06390E-001	2.74416E-001
		186.21*	3.59	2.33501E-001	2.37763E-002
		242.00*	7.43	1.90102E-001	1.45743E-002
		295.22*	19.30	1.67627E-001	8.87804E-003
		351.93*	37.60	1.77652E-001	8.18437E-003
		609.31*	46.10	2.08985E-001	1.06790E-002
		1120.29*	15.10	2.47846E-001	1.08808E-002
		1238.11*	5.79	2.66954E-001	1.33603E-002
		1764.49	15.40		
		2204.21	5.08		

## Суглинок

### Суглинок 90

Нуклид	Достоверность идентификации	Энергия, кэВ	Выход, %	Активность, Bq /г	Погрешность
K-40	0.891	1461.00*	10.67	3.03556E+000	2.76196E-001
Ra226dau	0.880	74.82*	6.33	3.78039E-001	2.51919E-001
		77.11*	10.50	2.96962E-001	1.79248E-001
		87.35*	2.44	4.43444E-001	1.70910E-001
		89.79*	1.05	6.57421E-001	2.24152E-001
		186.21*	3.59	2.06770E-001	2.11599E-002
		242.00*	7.43	1.37623E-001	1.06224E-002
		295.22*	19.30	1.21716E-001	6.47437E-003
		351.93*	37.60	1.29191E-001	5.96497E-003
		609.31*	46.10	1.49431E-001	7.64991E-003
		1120.29*	15.10	1.80831E-001	8.02051E-003
		1238.11*	5.79	1.89603E-001	9.78776E-003
		1764.49	15.40		
		2204.21	5.08		



## Суглинок 100

Нуклид	Достоверность идентификации	Энергия, кэВ	Выход, %	Активность, Вq /г	Погрешность
K-40	0.953	1461.00*	10.67	3.50970E+000	3.18774E-001
Cs-137	0.996	661.66*	85.10	5.67161E-004	7.03762E-005
Ra <sup>226</sup> dau	0.957	74.82*	6.33	4.34407E-001	2.89731E-001
		77.11*	10.50	3.32504E-001	2.00955E-001
		87.35*	2.44	4.84717E-001	1.86989E-001
		89.79*	1.05	6.82966E-001	2.32961E-001
		186.21*	3.59	2.10470E-001	2.14145E-002
		242.00*	7.43	1.53510E-001	1.17783E-002
		295.22*	19.30	1.34667E-001	7.13796E-003
		351.93*	37.60	1.42601E-001	6.56869E-003
		609.31*	46.10	1.66857E-001	8.52809E-003
		1120.29*	15.10	2.00016E-001	8.77496E-003
		1238.11*	5.79	2.15495E-001	1.07546E-002
		1764.49*	15.40	2.56797E-001	5.34509E-002
		2204.21	5.08		

## Суглинок 110

Нуклид	Достоверность идентификации	Энергия, кэВ	Выход, %	Активность, Вq /г	Погрешность
Cs-137	0.965	661.66*	85.10	5.97769E-004	9.50847E-005
Ra <sup>226</sup> dau	0.831	74.82*	6.33	4.20775E-001	2.79921E-001
		77.11*	10.50	3.31897E-001	2.00029E-001
		87.35*	2.44	4.81518E-001	1.85025E-001
		89.79*	1.05	6.87567E-001	2.33872E-001
		186.21*	3.59	2.17551E-001	2.21933E-002
		242.00*	7.43	1.57203E-001	1.20764E-002
		295.22*	19.30	1.38880E-001	7.36363E-003
		351.93*	37.60	1.45116E-001	6.69187E-003
		609.31*	46.10	1.67070E-001	8.54240E-003
		1120.29*	15.10	1.98331E-001	8.74797E-003
		1238.11	5.79		
		1764.49	15.40		
		2204.21	5.08		

## Суглинок 120

Нуклид	Достоверность идентификации	Энергия, кэВ	Выход, %	Активность, Вq /г	Погрешность
K-40	0.868	1461.00*	10.67	3.20981E+000	2.92139E-001
Cs-137	0.986	661.66*	85.10	5.31906E-004	6.64628E-005
Ra <sup>226</sup> dau	0.877	74.82*	6.33	4.23039E-001	2.81789E-001
		77.11*	10.50	3.33139E-001	2.01058E-001
		87.35*	2.44	4.77731E-001	1.83947E-001
		89.79*	1.05	6.67794E-001	2.27250E-001
		186.21*	3.59	2.18457E-001	2.22137E-002
		242.00*	7.43	1.58148E-001	1.21198E-002
		295.22*	19.30	1.39436E-001	7.38387E-003
		351.93*	37.60	1.46941E-001	6.76824E-003
		609.31*	46.10	1.68796E-001	8.62486E-003
		1120.29*	15.10	1.99722E-001	8.76078E-003
		1238.11*	5.79	2.16147E-001	1.07863E-002
		1764.49	15.40		
		2204.21	5.08		