

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

Институт Физико-технический
Направление подготовки Ядерная физика и технологии
Кафедра Прикладная физика

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Калибровка гамма-спектрометра для измерения активности кернов в низкофоновой камере

УДК 539.122.16:550.822:681.2.085

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3Б	Удалов Андрей Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПФ	Рыжакова Надежда Кирилловна	к. ф.-м. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к. ф. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ПФ	Гоголева Татьяна Сергеевна	к. ф.- м. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПФ ФТИ	Вагнер Александр Рудольфович	к. ф.- м. н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общекультурные компетенции	
Р1	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.
Р2	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.
Р3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
Р4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
Р5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
Р6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Профессиональные компетенции	

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Р7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
Р8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
Р9	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.
Р10	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.
Р11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.
P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.

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

Институт	Физико-технический
Направление подготовки	Ядерная физика и технологии
Кафедра	Прикладная физика

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ПФ ФТИ
_____ А.Р. Вагнер
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0А3Б	Удалову Андрею Александровичу

Тема работы:

Калибровка гамма-спектрометра для измерения активности кернов в низкофоновой камере	
Утверждена приказом директора ФТИ	от 31.01.2017 №545/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Источник гамма-квантов, устройство гамма-спектрометра CANBERRA GC2018, методики калибровки гамма-спектрометра по энергии и эффективности регистрации, образцы кернов.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Аналитический обзор существующих методов определения остаточной нефтенасыщенности пластов-коллекторов, создание калибровочных источников в геометрии «кern»; эксперимент по определению содержания радионуклидов в кернах.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры менеджмента, к.ф.н. Меньшикова Е.В.
Социальная ответственность	Ассистент каф. ПФ, к. ф.-м. н. Гоголева Т.С.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПФ	Рыжакова Н.К.	к.ф.-м. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3Б	Удалов Андрей Александрович		

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

Институт Физико-технический
Направление подготовки Ядерная физика и технологии
Кафедра Прикладная физика
Период выполнения Весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.17	Составление и утверждение технического задания	7
04.03.17	Подбор и изучение материалов по теме	10
15.03.17	Выбор направления исследования	5
06.04.17	Проведение эксперимента	45
15.05.17	Анализ и описание результатов	30
20.05.17	Подготовка к защите ВКР	7

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПФ	Рыжакова Н.К.	к.ф. - м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПФ ФТИ	Вагнер А.Р.	к.ф. - м.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А3Б	Удалову Андрею Александровичу

Институт	ФТ	Кафедра	ПФ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Физика атомного ядра и частиц

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:	– вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующее излучение); – опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	– радиационная безопасность – электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность; – требования охраны труда при работе за ПЭВМ и гамма-спектрометром

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ПФ ФТИ	Гоголева Татьяна Сергеевна	к. ф. – м. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3Б	Удалов Андрей Александрович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А3Б	Удалову Андрею Александровичу

Институт	ФТ	Кафедра	ПФ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Физика атомного ядра и частиц

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Иерархическая структура работ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	SWOT-анализ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Менеджмента ИСГТ	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3Б	Удалов Андрей Александрович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 83 с., 17 рисунков, 20 табл., 22 источника.

Ключевые слова: коэффициент остаточной нефтенасыщенности, индикаторный метод по радону, калибровка гамма-спектрометра, калибровочный источник.

Объектом исследования является содержание естественных радионуклидов в кернах горных пород.

Цель работы - Произвести калибровку полупроводникового гамма-спектрометра CANBERRA в геометрии «кern» для измерения активности радионуклидов в предоставленных образцах пород.

В процессе исследования проводились: изучение методов определения коэффициента остаточной нефтенасыщенности (ОНН), изучение методики калибровки полупроводникового гамма-спектрометра по энергии и эффективности регистрации.

В результате исследования получены калибровочные кривые по энергии и эффективности регистрации для гамма-спектрометра в геометрии «кern», на основе которых удалось проанализировать спектр и определить содержание радионуклидов в предоставленных кернах.

Область применения: гамма-спектрометрия, геология нефти и газа.

Экономическая эффективность/значимость работы: Существующие лабораторные методы определения коэффициента ОНН сложны, дороги, и имеют неудовлетворительную точность определения. Результаты данной работы послужат основой для разработки нового метода определения данного коэффициента.

В будущем планируется дальнейшая разработка индикаторного по радону метода определения коэффициента ОНН.

Выпускная квалификационная работа выполнена на кафедре Прикладной физики ФТИ НИ ТПУ г. Томск.

Калибровка гамма-спектрометра для измерения активности кернов в низкофоновой камере

Содержание

Введение.....	14
1 Обзор литературы по методам определения коэффициента ОНН	17
1.1 Экстракционно-дистилляционный метод (прямой)	17
1.2 Метод сушки	18
1.3 Каротажные методы исследования.....	19
1.3.1 Электрокаротаж.....	20
1.3.2 Импульсный нейтронный каротаж.....	21
1.3.3 Углеродно-кислородный каротаж	22
1.3.4 Ядерный магнитный каротаж	24
2 Гамма-спектрометрия.....	26
2.1 Физические основы гамма-спектрометрии	26
2.2 Устройство гамма-спектрометров	27
2.3 Энергетическое разрешение гамма-спектрометров	28
2.4 Полупроводниковые детекторы	29
2.5 Аппаратурный спектр гамма-спектрометра и его обработка.....	31
3 Методика калибровки гамма-спектрометров.....	34
4 Эксперимент по определению содержания радионуклидов в кернах.....	37
4.1 Геометрия эксперимента.....	37
4.2 Создание калибровочных источников.....	38
4.3 Использованное оборудование.....	39
5 Результаты и их анализ	42
Заключение	46

6	Социальная ответственность	47
6.1	Опасные и вредные факторы работы.....	47
6.2	Мероприятия по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ и гамма спектрометре	49
6.2.1	Организационные мероприятия	49
6.2.2	Технические мероприятия.....	50
6.2.3	Условия безопасной работы.....	52
6.3	Радиационная безопасность.....	55
6.4	Электробезопасность.....	57
6.5	Пожарная и взрывная безопасность.....	60
7	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	62
7.1	Потенциальные потребители результатов исследования	62
7.1.1	SWOT-анализ.....	63
7.2	Планирование научно-исследовательской работы	66
7.2.1	Определение трудоемкости выполнения НИР.....	68
7.2.2	Разработка графика проведения научного исследования.....	69
7.2.3	Календарь-план в виде диаграммы Ганта	70
7.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	72
7.3.1	Расчет материальных затрат НТИ	72
7.3.2	Основная заработная плата исполнителей темы	73
7.3.3	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	75
7.3.4	Накладные расходы	76
7.3.5	Расходы на амортизацию оборудования	77
7.3.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	78

7.4. .Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	78
Список литературы	82

Введение

В настоящее время нефть – это важнейшее сырье для энергетики и химической промышленности. Постоянно возрастающая потребность в нефти и ограниченность ее запасов на Земле в совокупности с невозможностью промышленного воспроизведения вынуждают предпринимать максимально возможные усилия к вопросу нефтеизвлечения. В связи с этим в последнее время очень важной становится проблема повышения нефтеотдачи пластов современными методами добычи и разработки более совершенных методов [1-3].

Нефтенасыщенность пластов-коллекторов – один из важнейших параметров, характеризующих промышленную ценность коллекторов. Информация о нефтенасыщенности позволяет правильно оценить начальные или остаточные запасы нефти и, что особенно важно, выбрать оптимальный вариант технологии воздействия на пласт в целях увеличения нефтеотдачи [4,5]. Под остаточными запасами понимается нефтенасыщение продуктивного пласта после окончания его разработки. Для оценки этой величины используется коэффициент остаточной нефтенасыщенности (ОНН).

К сожалению, ни один из существующих современных геофизических методов не обеспечивает достаточной точности определения ОНН из-за влияния на результаты различных свойств пород-коллекторов. Единственный способ повысить точность оценок ОНН – использовать такие технологии при определении, которые не требовали бы учета этих свойств. Одно из технических решений, возможных в данной ситуации, – использование технологии «гамма-каротаж – закачка – гамма-каротаж». Научные изыскания в этом направлении, начатые еще в 50-ых годах XX века, привели к разработке радонового индикаторного метода (ИМР) [6]. Радиоактивный газ радон (Rn^{222}) образуется в результате альфа-распада Ra^{226} , который содержится в значительных количествах в породах, залегающих на характерных для нефтедобычи глубинах.

Применение радона в качестве индикатора в геофизических исследованиях скважин обусловлено его уникальными физико-химическими свойствами:

- Радон не адсорбируется скелетом породы, поэтому показания гамма-каротажа не зависят от литологических свойств породы и физических свойств компонентов скелета.
- Радон хорошо растворяется нефти, что может обеспечить высокие показания гамма-каротажа от пластов с низкой ОНН, то есть хорошую чувствительность ИМР при определении ОНН [6].
- Rn^{222} – альфа-активный изотоп с периодом полураспада 3,84 суток, имеет короткоживущие продукты распада (излучатели слабого гамма-излучения). Такой период полураспада с одной стороны оптимален для проведения исследований, а с другой достаточно мал, благодаря чему использование радона не приводит к длительному радиационному поражению персонала и оборудования [7].
- Радон является инертным газом и может без адсорбции проникать в поровое пространство пород-коллекторов вместе со своим гидродинамическим носителем.
- Дочерние продукты распада радона - изотопы металлов, которые хорошо адсорбируются на твердой гидрофильной поверхности нефтенасыщенных пластов коллекторов и имеют небольшие периоды полураспада, что исключает распространение радионуклидов в окружающей среде.

Несмотря на вышеперечисленные преимущества ИМР, научных исследований на эту тему очень мало, и метод до сих пор не получил существенного развития. Поэтому можно заметить, что индикаторный по радону метод применительно к ОНН в лабораторных условиях не разработан.

В связи с этим в Томском Политехническом Университете (ТПУ) на кафедре прикладной физики (ПФ) совместно с Лабораторией исследования керна (ТПУ, Институт природных ресурсов) инициированы работы по

разработке лабораторного индикаторного по радону метода коэффициента ОНН для кернового материала. Метод, разрабатываемый коллективом на кафедре ПФ, основан на фильтрации меченой радоном нефти через образец породы – керн. Порода содержит природные радиоактивные изотопы (в том числе Ra^{226}), которые будут создавать гамма-фон. Для получения достоверной информации об активности фильтрационного раствора его необходимо вычлесть. Для определения радиационного фона кернов предполагается использовать полупроводниковый гамма-спектрометр CANBERRA.

Цель исследования: Произвести калибровку полупроводникового гамма-спектрометра CANBERRA в геометрии «кern» для измерения активности предоставленных образцов пород.

Задачи:

1. Сделать обзор литературы по методам определения коэффициента ОНН.
2. Изучить основы гамма-спектрометрии и устройство полупроводникового гамма-спектрометра.
3. Освоить методику калибровки полупроводникового гамма-спектрометра.
4. Создать калибровочные источники в геометрии «кern».
5. Провести процедуру калибровки спектрометра в геометрии «кern».
6. Измерить содержание радионуклидов в предоставленных образцах пород.

1 Обзор литературы по методам определения коэффициента ОНН

Разработанные к настоящему времени методы оценки ОНН пластов можно разделить на две категории: прямые методы, измерения для которых проводятся на керновом материале; косвенные методы, основанные на геофизических исследованиях скважин [8,9].

1.1 Экстракционно-дистилляционный метод (прямой)

Сущность определения коэффициента ОНН горных пород данным методом заключается в отгонке нефти из образцов пород с помощью растворителя [10].

Образец предварительно насыщают моделями пластовых жидкостей при постоянном расходе или при поддержании постоянного давления. Испытания выполняются на лабораторной установке ПИК-ОФП/ЭП-2-1-2-М-400-200. Установка позволяет моделировать фильтрационные процессы в пласте при вытеснении нефти водой при давлении обжатия керна до 9500 psi, поровом давлении 5000 psi и температурах до 150 °C.

Для определения содержания воды образец помещают в аппарат Закса (Рис.1), в колбу-нагреватель которого заливают растворитель с температурой кипения выше 100 °C. Подогрев колбы регулируют таким образом, чтобы образец породы всё время был погружен в растворитель и вместе с тем растворитель не переливался через край цилиндра. Пары воды и легких потоков нефти, отогнанные из образца, вместе с парами растворителя поступают в холодильник, конденсируются и стекают в ловушку; вода накапливается в нижней части ловушки за счет гравитационного разделения. Сконденсированный растворитель, после того как ловушка заполнена, сливается по пароотводной трубе и возвращается в колбу – нагреватель. Процесс продолжается до стабилизации уровня воды в ловушке. В качестве растворителя обычно применяют толуол (температура кипения – 110 °C).

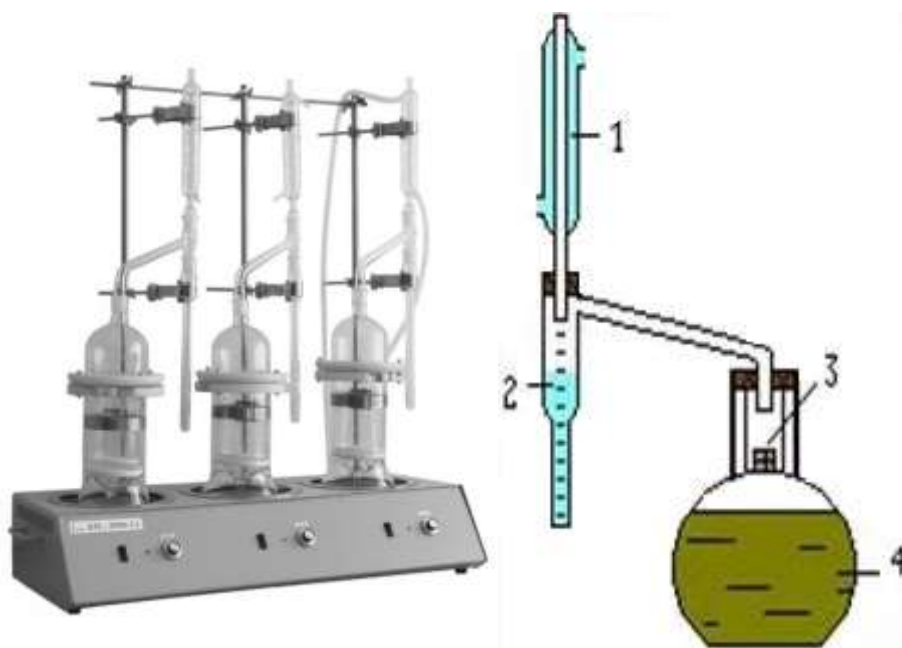


Рисунок 1 - Аппарат Закса (1 – внешний холодильник, 2 – стеклянная ловушка, 3 – стеклянный цилиндр, 4 – колба с растворителем)

В другом варианте данного метода предусматривается нагрев образца в дистилляционном аппарате до высокой температуры, обеспечивающей испарение из образца воды, пары которой затем конденсируются и собираются в мерном цилиндре. Содержание воды в керне определяется по количеству отогнанной воды, а нефти по разнице между поровым объемом в образце и объемом отогнанной воды. Керна помещается в камеру, которая закрывается крышкой и уплотняется поджимом с помощью винта. Нагрев камеры поддерживается автоматически в диапазоне 180 – 200 °С. Выделяющиеся пары воды конденсируются в холодильнике и собираются в мерной емкости. Окончание процесса отгонки определяют по стабилизации уровня жидкости в мерной емкости.

1.2 Метод сушки

В конце 60-х годов XX века группой В.М.Березина был разработан и внедрен метод определения ОНН керна, предварительно промытого

фильтратом [11]. Суть метода заключается в определении коэффициентов, учитывающих потери нефти в ходе испарения в керне с момента его отбора до начала процесса экстракции – коэффициенты сушки нефти. В ходе применения метода проводят высушивание нефти, нанесенной на сухой отэкстрагированный образец, и выветривания нефти из образца керна, промытого водным фильтратом при отборе.

Коэффициенты сушки нефтей определяются экспериментально. Полностью осушенный образец керна насыщается дегазированной нефтью, которая была отобрана из той же скважины (или ближайшей к ней), что и керн. Пропитанный нефтью образец оставляется при комнатной температуре на просушку, при его периодически взвешивают.. Коэффициент сушки определяется отношением начальной массы пробы нефти в образце к ее массе на момент взвешивания, и он всегда больше единицы. Расчетное значение коэффициента сушки обычно принимается через 2-3 и даже более месяцев после начала процесса, когда заканчивается испарение легких и начинается испарение более тяжелых фракций и интенсивность выветривания (потеря массы) резко снижается. Это значение используется для расчета остаточной нефтенасыщенности поступившего на исследование керна.

Несмотря на простоту реализации метода сушки, существенные временные затраты затрудняют оперативное использование метода сушки в условиях, когда в регионе количество ежегодно вводимых в разработку средних и мелких залежей нефти исчисляется десятками.

1.3 Каротажные методы исследования

Эта группа методов предназначена для изучения свойств пород, непосредственно прилегающих к скважине (радиус исследования 1-2 м). К настоящему времени каротажных методик исследования состояния скважин и примыкающих пластов пород известно достаточно много, среди которых

можно выделить: электрокаротаж, импульсный нейтронный каротаж (ИНК), углеродно-кислородный каротаж, ядерно-магнитный каротаж (ЯМК).

1.3.1 Электрокаротаж

Под электрокаротажом понимается непрерывное регистрирование электрических сигналов от околоскважинных отложений и содержащихся в них флюидах. Измерения производятся в необсаженной трубами части скважины, обычно при вращательном способе бурения, когда ствол заполнен буровым раствором. Для измерений используют скользящие электроды, помещенные в изолированную трубку (зонд), которая опускается в скважину. Электроэнергия, вырабатываемая установленным на поверхности земли генератором, по одной из жил кабеля передается вниз к соответствующему электроду, который сообщает ее окружающим породам; в то же время соседние электроды, соединенные с другими жилами кабеля, принимают поступающий из пород заряд и направляют его к поверхности, где он фиксируется, которая движется синхронно с зондом. Расстояние между принимающими заряд электродами в зонде (разнос электродов) меняется в зависимости от геологических особенностей района. С помощью электрокаротажа определяются два геофизических параметра пройденных толщ пород и сопутствующих им флюидов: электрический потенциал и удельное электрическое сопротивление.

Первые измерения методом электрокаротажа были проведены на небольших французских месторождениях нефти в Пешельбронне. В Венесуэле этот метод геофизических исследований скважин применяется с 1929 г., а вскоре он появился и в СССР, где быстро получил широкое распространение. В 1931 г. он был внедрен в Румынии, после чего стал использоваться во всех нефтедобывающих регионах земного шара. В настоящее время электрокаротаж применяется для любого типа скважин, пробуренных вращательным способом. В зависимости от конкретных условий каротаж одних скважин производится на разных стадиях бурения, других - только после его завершения.

Электрокаротажная диаграмма не может полностью заменить данные литологического и палеонтологического изучения разреза, но несет в себе дополнительную информацию относительно вскрываемых скважиной пород и заключенных в них флюидов. За короткий период со времени внедрения этого метода в практику нефтепромысловых работ интерпретация данных электрокаротажа выросла из технической дисциплины в науку. Главными преимуществами данного метода является его простота и относительно небольшие финансовые затраты на используемое оборудование. Однако следует отметить, что интерпретация информации, полученной в результате электрокаротажа, представляет значительные трудности.

1.3.2 Импульсный нейтронный каротаж

Метод ИНК основан на облучении скважины и пород быстрыми нейтронами в импульсном режиме и последующем измерении распределения по времени интегральной плотности тепловых нейтронов и гамма-квантов, образующихся в результате ядерных реакций рассеяния и захвата нейтронов ядрами атомов породы. Существует два варианта данного метода в зависимости от вида регистрируемого излучения – импульсный нейтрон-нейтронный каротаж (ИННК) и импульсный нейтронный гамма-каротаж (ИНГК).

Количественная оценка нефтенасыщенности коллекторов по данным ИННК базируется на вычислении зависимости среднего времени жизни тепловых нейтронов в породах от характера и содержания нефти. Уменьшение плотности тепловых нейтронов во времени в однородной среде происходит по экспоненциальному закону с интенсивностью, определяемой нейтронопоглощающими свойствами среды.

Наиболее эффективный способ применения ИНК – выполнение повторных измерений непосредственно в процессе изменения насыщенности коллекторов. Эти изменения вызываются естественной деформацией зоны проникновения, обводнением пластов в ходе их выработки,

целенаправленными технологическими операциями, включающими в себя закачку в породы растворов веществ с аномальными нейтронопоглощающими свойствами. Измерительный зонд ИНК содержит излучатель быстрых (14 МэВ) нейтронов, один или два детектора тепловых нейтронов или гамма-излучения. Точка записи – середина расстояния между излучателем и детектором, для двухзондовых приборов – середина расстояния между детекторами.

Данный метод обладает более высокой точностью по сравнению с электрокаротажом, однако работа с источниками нейтронов предполагает соблюдение строгих мер для обеспечения радиационной безопасности, что осложняет проведение измерений.

1.3.3 Углеродно-кислородный каротаж

Главной особенностью этого метода является возможность разделения нефтеносных и водоносных пластов интервалов по содержанию в них углерода и кислорода. Идея такого разделения пласта – в нефтеносном пласте есть углерод, но нет кислорода, а в водоносном пласте наоборот, много кислорода, но нет углерода. Техника регистрации содержания этих элементов и интерпретации результатов скважинных исследований очень сложна. С/О-каротаж проводится методом ядерно-физической спектрометрии, в основе которой лежит ИНГК. Метод позволяет оценить характер водонефтенасыщенности пластов-коллекторов через обсадную колонну.

Первые исследования методом углеродно-кислородного каротажа были проведены в 70-х годах известными крупными фирмами США Шлюмберже и Халибуртон. В конце 1990-х годов метод стал применяться в отечественной промысловой геофизике. По С/О-каротажу определяется параметр, характеризующий распространенность в пласте ядер углерода по отношению к ядрам кислорода. Этот параметр связан с содержанием углеводородных соединений, не зависит от содержания хлора, поэтому С/О-каротаж чаще всего

применяется для определения нефти и воды в скважинах на месторождениях с низкой, неизвестной и переменной минерализацией пластовых вод.

Точность проведения С/О-каротажа зависит от статистики измерений. На статистику гамма-излучения влияют диаметр скважины, диаметр и толщина обсадной колонны, наличие цементного камня, минерализация жидкости ствола скважины. Наиболее благоприятные условия для проведения исследований – это скважины, заполненные пресной водой или нефтью. Наличие водонефтяных разделов (ВНР) в скважине, смеси нефти и воды, парафиновых и солевых отложений на стенках скважины приводит к увеличению ошибки определения нефтенасыщенности. Ошибка будет зависеть от того, насколько хорошо проработана и промыта скважина перед проведением геофизических исследований. Ошибка в определении отношения “углерод/кислород” не будет постоянной при различных условиях проведения каротажа. Для прогнозирования притока по результатам вычисленной нефтенасыщенности необходимо привлекать дополнительные данные о пористости, фазовой проницаемости, типе коллектора (гидрофильный и гидрофобный), минералогическом составе породы и др. При количественной интерпретации данных ИНГКС необходима опорная информация в виде результатов ГИС открытого ствола и данных импульсного нейтронного каротажа и спектрального ГК в обсаженной скважине. Совместная обработка этой информации обеспечивает оценку качества данных ИНГК, позволяет определить емкостные характеристики пород и текущую нефтеводонасыщенность. Определение компонентов флюидального состава по данным импульсных нейтронных методов основано на использовании эффектов плотности и вещественного состава пластового флюида, изменяющихся в зависимости от содержания нефти, воды и газа. Важным условием является корректное выделение полезного сигнала на фоне “помех” от твёрдой составляющей породы.

1.3.4 Ядерный магнитный каротаж

Исторически началом работ по ЯМР в геологии следует считать появление метода ЯМР в земном магнитном поле. На основе этого метода были разработаны протонные магнитометры в НИФИ Ленгосуниверситета. Именно эти разработки были положены ВНИИЯГГом в основу создания аппаратуры ядерно-магнитного каротажа (ЯМК) в начале 60-х годов прошлого столетия.

ЯМК основан на регистрации энергии электромагнитного излучения, образующегося в результате взаимодействия магнитного момента ядер химических элементов горных пород с импульсным внешним электромагнитным полем [12]. Если на ядра элементов подействовать сильным магнитным полем (полем поляризации) напряженностью H , то ядра в силу наличия спина S и соответственно ядерного магнитного момента μ будут ориентироваться в направлении поля H , создавая вектор ядерной намагниченности. При быстром выключении магнитного поля векторы возвращаются в состояние с меньшей энергией, при этом происходит испускание электромагнитного излучения характерной для каждого изотопа частоты в диапазоне радиочастот.

Аппаратура ядерно-магнитного метода представляет собой скважинный прибор и наземную панель. Скважинный прибор состоит из двух частей. В нижней части в цилиндрической кожухе из полихлорвиниловой трубы, заполненной маслом, размещены два прибора - основной и вспомогательный, в верхней части в дюралевом кожухе смонтирована электронная схема. Основной прибор используется для создания магнитного поля поляризации в пласте. Он представляет собой соленоид с сердечником прямоугольного сечения, длинная сторона которого параллельна главной оси прибора. Длина зондов (чувствительной части катушки) равна 0,75 м. Вспомогательный прибор предназначен для приема излучения.

С помощью метода ЯМР в сильном поле можно оперативно получать большой объем информации: определять содержание флюида в породе,

характера насыщения (водную и нефтяную фазы), оценивать свойства нефти и воды, определять такие параметры, как пористость (открытую, закрытую, эффективную), содержание связанной воды и остаточной нефти, проницаемость и вязкость нефти. К сожалению широкого распространения данный метод не имеет вследствие дороговизны оборудования и сложности выделения полезного сигнала.

2 Гамма-спектрометрия

Гамма-спектрометрия в настоящее время один из наиболее распространенных физических методов, позволяющих определять содержание гамма-радиоактивных изотопов в сложных средах.

2.1 Физические основы гамма-спектрометрии

Все атомные ядра имеют свой набор разрешенных энергетических переходов, каждый из которых сопровождается излучением гамма-квантов соответствующей энергии. При неизвестном составе измеряемой пробы гамма-спектрометр позволяет определить энергии испущенных гамма-квантов и таким образом установить какими радионуклидами они были испущены. На рисунке 2 в качестве примера показан спектр радионуклида K^{40} с характерной для него линией с энергией 1460 кэВ.

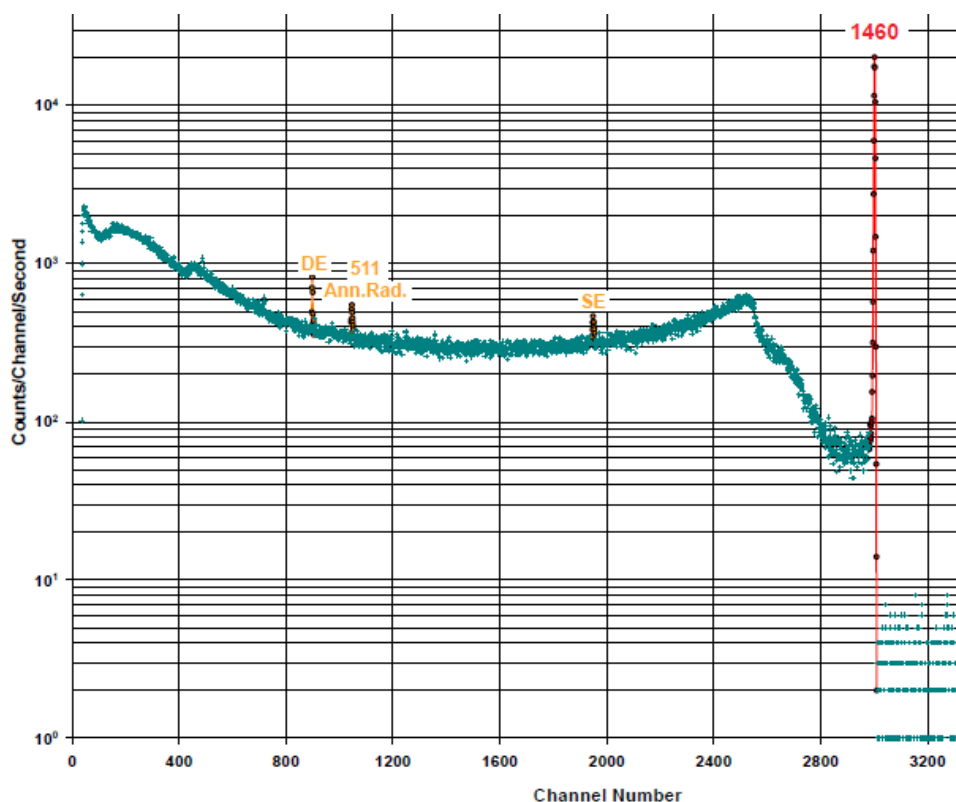


Рисунок 2 - Спектр изотопа K^{40} , полученный на полупроводниковом коаксиальном Ge(Li) гамма-спектрометре

Тип гамма-спектрометра определяется, главным образом, видом используемого детектора. В настоящее время самыми распространенными типами гамма-спектрометров являются сцинтилляционные и полупроводниковые.

2.2 Устройство гамма-спектрометров

Эти устройства являются главными инструментами гамма-спектрометрии. Управление ими требует от оператора знаний об электронике и основных процессах взаимодействия гамма-излучения с веществом. Общая схема спектрометра представлена на рисунке 3. Как видно из рисунка спектрометр – это сложное составное устройство, включающая в себя несколько функциональных узлов.

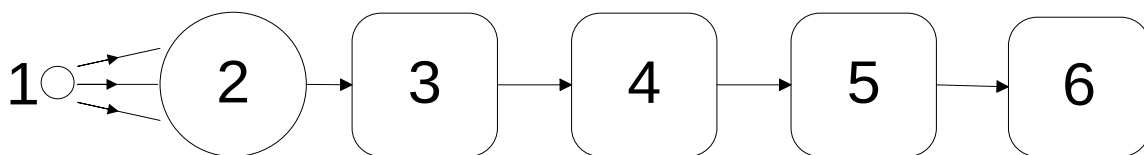


Рисунок 3 - Функциональная схема гамма-спектрометра.

Где 1 – исследуемая проба, 2 – детектор, 3 – предусилитель, 4 – главный усилитель, 5 – амплитудно-цифровой преобразователь (АЦП), 6 – управляющая станция (компьютер).

Исследуемый объект испускает гамма-кванты, которые, попадая в чувствительный объем детектора, вызывают ионизацию атомов среды. Далее освободившиеся электроны в теле детектора, количество которых пропорционально потерянной гамма-квантом энергии, собираются на предусилителе, преобразующем величину собранного заряда в импульс напряжения. Затем основной усилитель формирует электрический сигнал по длительности и одновременно с этим подавляет шумовые сигналы. С выхода усилителя получают амплитудное распределение электрических сигналов в аналоговой форме, $P_a(u)$, где u – амплитуда сигнала. Далее амплитудное

распределение обрабатывается цифровой техникой (компьютеров) для приведения сигнала в воспринимаемый вид. В ходе этого исследуемый диапазон амплитуд в распределении разбивается на конечное число интервалов – каналов, обычно равных [13]. Полное число каналов определяет точность анализа проводимого гамма-спектрометрией.

Преобразование аналоговых сигналов на выходе основного усилителя в последовательность нулей и единиц, которыми компьютер может обрабатывать, осуществляется амплитудно-цифровым преобразователем (АЦП) [14]. АЦП измеряет амплитуду каждого импульса и определяет соответствующий ей номер канала. В компьютере суммируется число импульсов в каждом канале. Таким образом, непрерывное амплитудное распределение $P_a(u)$ представляется в компьютере как дискретное распределение $C_n(n)$, где n – номер канала, а C_n – число отсчетов в канале. Пример такого распределения наглядно представлен на рисунке 4 в виде гистограммы.

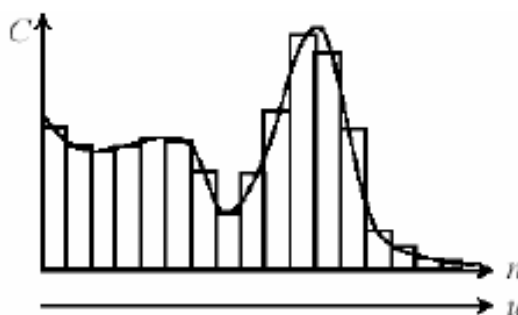


Рисунок 4 - Гистограмма амплитудного распределения

2.3 Энергетическое разрешение гамма-спектрометров

Основной характеристикой гамма-спектрометра является его энергетическое разрешение. Эта величина определяет, насколько близко могут находиться в спектре две линии, чтобы спектрометр идентифицировал их как разные. Спектральные линии обычно успешно описываются функцией Гаусса, поэтому на практике оценкой энергетического разрешения является полная ширина пика этой функции на половине высоты (ПШПВ), если ее выразить в

энергетических единицах (например, кэВ). Численно рассчитать энергетическое разрешение можно по формуле 1.

$$R_i = \frac{\Delta E_i}{E_i}, \quad (1)$$

где ΔE_i – ширина пика полного поглощения, измеренная на половине высоты, E_i – энергия, регистрируемого гамма – квантов.

Следует отметить, что наиболее универсальными являются спектрометры с полупроводниковыми детекторами, использующими в качестве рабочего вещества германий. Они имеют высокую разрешающую способность по энергии при хорошей эффективности регистрации [14].

2.4 Полупроводниковые детекторы

В полупроводниковых детекторах чувствительный объем представляет собой кристалл полупроводника определенной формы и состава. В настоящее время известно много полупроводниковых материалов, но наиболее часто используемыми материалами, из которых изготавливаются полупроводниковые детекторы, являются кремний (*Si*) и германий (*Ge*). Для регистрации гамма-квантов обычно используются детекторы из германия.

Несмотря на сложности в обработке германия, для материала детектора выбирают именно его. Такой выбор обусловлен тем, что сечения всех процессов взаимодействия гамма-квантов с веществом зависят от атомного номера вещества Z . Особенно сильно зависит от Z сечение фотоэффекта ($\propto Z^5$), сечение комптон-эффекта пропорционально Z , а сечение процесса образования электрон-позитронных пар $\propto Z^2$. Соответственно, величина сечения взаимодействия в случае *Ge* будет больше, так как значение Z у германия ($Z(\text{Ge}) = 32$, а $Z(\text{Si}) = 14$). Этот факт определяет выбор *Ge*, поскольку он обеспечивает более высокую эффективность регистрации гамма-квантов детектором.

Германиевые детекторы - это полупроводниковые диоды, имеющие структуру P-I-N, в которых область собственной электропроводимости чувствительна к ионизирующей радиации, особенно к рентгеновскому и гамма излучению. При обратном смещении электрическое поле расширяет область собственной электропроводимости или обедненную область. Когда фотоны взаимодействуют с материалом внутри обедненной области детектора, образуются носители заряда (дырки и электроны) и перемещаются под действием электрического поля к электродам P и N. Этот заряд, который пропорционален энергии, потерянной в детекторе входящим фотоном, преобразуется в импульс напряжения интегральным зарядочувствительным предусилителем.

Так как германиевые детекторы имеют относительно низкую ширину запрещенной зоны, эти детекторы должны охлаждаться, чтобы уменьшить тепловое образование носителей заряда (и, следовательно, обратный ток утечки) до допустимого предела. В противном случае ток утечки вызывает шум, который снижает энергетическое разрешение детектора. Жидкий азот, имеющий температуру -196°C , является обычным средством охлаждения для таких детекторов (Рис.5). От чувствительного объема детектора к сосуду Дьюара проведен толстый металлический прут, называемый пальцем. Полупроводниковый кристалл детектора помещается в вакуумную камеру, которая предохраняет его от повреждений, от влажности и других загрязнений.

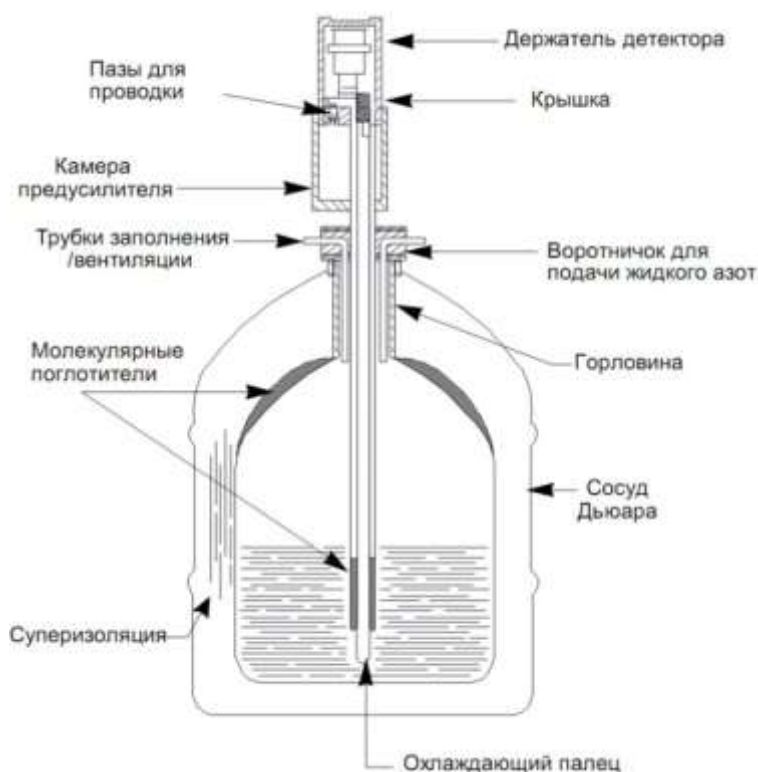


Рисунок 5 - Общая схема полупроводникового детектора и сосуда Дьюара

Существующие типы германиевых детекторов различаются между собой чистотой используемого кристалла германия, типом посторонних примесей, геометрией кристалла детектора. Выбор определенного детектора зависит от задач, которые ставит перед собой экспериментатор.

2.5 Аппаратурный спектр гамма-спектрометра и его обработка

Аппаратурный спектр чаще всего выглядит как плавный континуум с резко выделяющимися пиками. В большинстве методов обработки для извлечения информации о спектре излучения анализируют параметры пиков, среди которых можно выделить: положение максимума (или центра тяжести) пика, площадь пика (сумма числа отсчетов в пике) и ширина пика. Так как в амплитудном анализаторе распределение представлено гистограммой, положение максимума пика невозможно идентифицировать по номеру канала. Оно должно вычисляться методами математической статистики. Специальная обработка позволяет определить положение максимума и другие параметры с

точностью до долей канала. В таком случае вместо номера канала используется величина p – положение максимума пика на непрерывной оси каналов, а под градуировочной функцией мы будем подразумевать зависимость $E = F(p)$.

Очевидно, что для достоверного описания формы пика и его положения необходимо, чтобы он был определен, по крайней мере, несколькими каналами. Обычно бывает достаточно $5 \div 10$ каналов на ПШПВ. Увеличение числа каналов на пик приводит к незначительному увеличению точности, однако их существенное уменьшение может привести даже к потере пика. На практике число точек на пике часто определяется условиями проведения измерений, в частности диапазоном энергий, и техническими данными аппаратуры. Задача обработки состоит в том, чтобы по амплитудному распределению вычислить энергии и интенсивности линий спектра. Как указывалось, выше, каждая линия представлена в амплитудном распределении пиком. При этом положения максимумов пиков в амплитудном распределении и энергии линий связаны зависимостью, близкой к линейной. Полное число событий в пике («площадь пика») пропорционально интенсивности линий, причем коэффициент пропорциональности сильно зависит от энергии.

Можно выделить следующие этапы обработки спектра:

1. Первый этап – поиск пиков. Он может выполняться оператором установки или соответствующей программой, реализующей тот или иной критерий «пика». Наиболее сложным является определение пиков в мультиплетах.
2. Второй этап – определение параметров пиков в амплитудном распределении. Наиболее последовательным методом является выбор математической модели, описывающей распределение, для обрабатываемого участка. Далее тем или иным методом ищутся такие значения параметров, чтобы модель наилучшим образом описывала экспериментальные данные. В простейших случаях предполагается, что амплитудное распределение представлено пиком гауссовой формы на наклонном «пьедестале», линейном в окрестностях пика. Наиболее

существенные параметры пика: положение максимума (центр тяжести), площадь и ПШПВ определяются после вычитания «пьедестала». На практике «пьедестал» имеет более сложную форму, в частности из-за влияния комптоновского рассеяния. При решении задачи о наличии мультиплета необходимо знание зависимости ПШПВ от энергии в условиях заданной энергетической градуировки. Поэтому после выполнения градуировки по энергии, проводится калибровка по ширине пиков: строится соответствующая кривая. Учет соответствующих кривых при дальнейших расчетах.

3 Методика калибровки гамма-спектрометров

Необходимо обращать особое внимание на важность процедуры калибровки, так как именно она определяет точность полученного результата. Для нахождения спектра излучения необходимо знать соотношения: «энергия – положение максимума пика» $E=F(p)$ и «интенсивность – площадь пика» $I=S(E)$.

Нахождению этих соотношений соответствует процедура калибровки гамма-спектрометра соответственно по энергии и по эффективности регистрации. Также стоит отметить, что результаты спектрометрических измерений зависят от геометрии исследования. Это объясняется тем, что энергия взаимодействия гамма-квантов с материалом детектора, с материалом самого источника, с конструкционными материалами, которые в результате дают полезный сигнал, зависит от количества, толщины материала, через которые они проходят. Для каждой формы, размера, плотности источника величины потерянной энергии будут различными, следовательно, необходимо проводить калибровку гамма-спектрометра для каждого источника (если только его параметры не совпадают с теми, для которых калибровка уже получена). Все, что связано с геометрическими параметрами источника принято называть геометрией эксперимента. Существуют т.н. стандартные спектрометрические геометрии, такие как: точка, сосуд Маринелли, «геологическое кольцо», дента и некоторые другие. Помимо стандартных геометрий могут использоваться и произвольные, параметры которых зависят от целей экспериментатора.

Калибровка начинается с набора спектра гамма – источника с известными характеристиками. Обычно для этих целей используют образцовые спектрометрические гамма-источники (ОСГИ). Однако это не принципиальное требование, так как для калибровки необходимо знать тип радионуклида, его начальную активность, его начальную массу и дату аттестации, а эту информацию можно получить не только для ОСГИ.

После набора спектра с достаточной экспозицией (10 тыс. отсчетов в самом интенсивном пике), создается файл-сертификат, который представляет собой

перечень всех характеристических пиков радионуклида с их параметрами, которые записаны в библиотеках радионуклидов. В файл-сертификат также вносится информация о массе источника, начальной активности препарата, дате и времени аттестации. При создании файла-сертификата также нужно учитывать, что количество линий в спектре должно соответствовать количеству линий в файле-сертификате. Затем он загружается в программу набора и обработки гамма-спектров, управляющей спектрометрической установкой. После этого по сигналу оператора средствами этого программного обеспечения осуществляется сначала калибровка по энергии, а затем по эффективности регистрации.

Результатом калибровки являются калибровочные кривые (зависимости $E=F(p)$ и $I=S(E)$). На рисунках 6, 7 представлены калибровочные кривые, характерные для HPGe-гамма-спектрометра. После калибровки можно успешно производить идентификацию неизвестного радиоактивного источника.

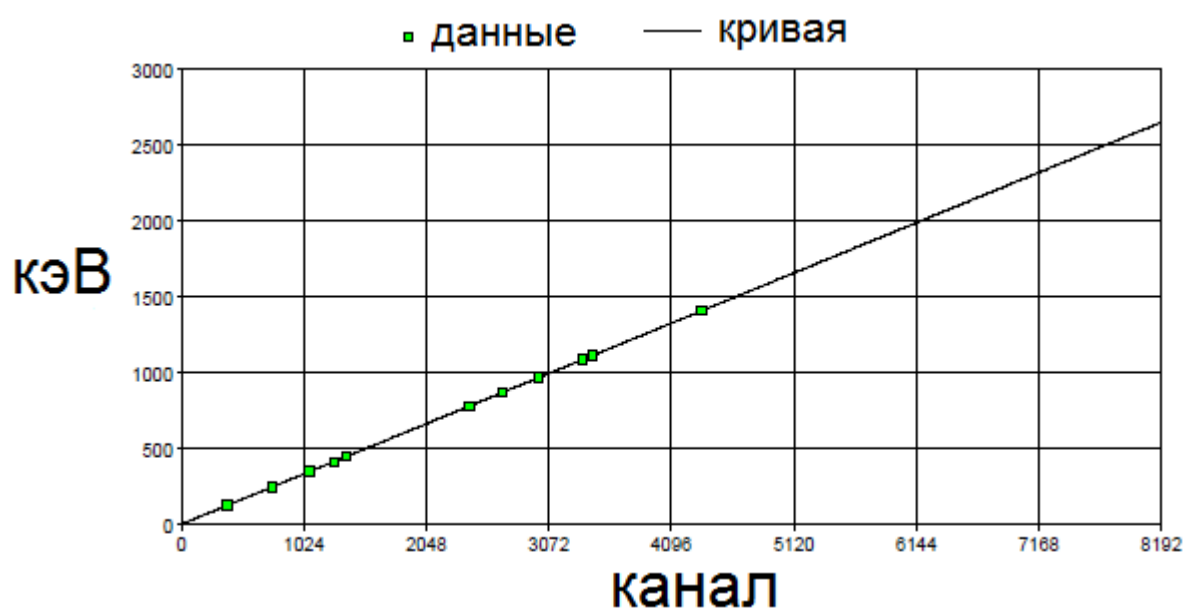


Рисунок 6 - Калибровочная кривая полупроводникового гамма-спектрометра по энергии

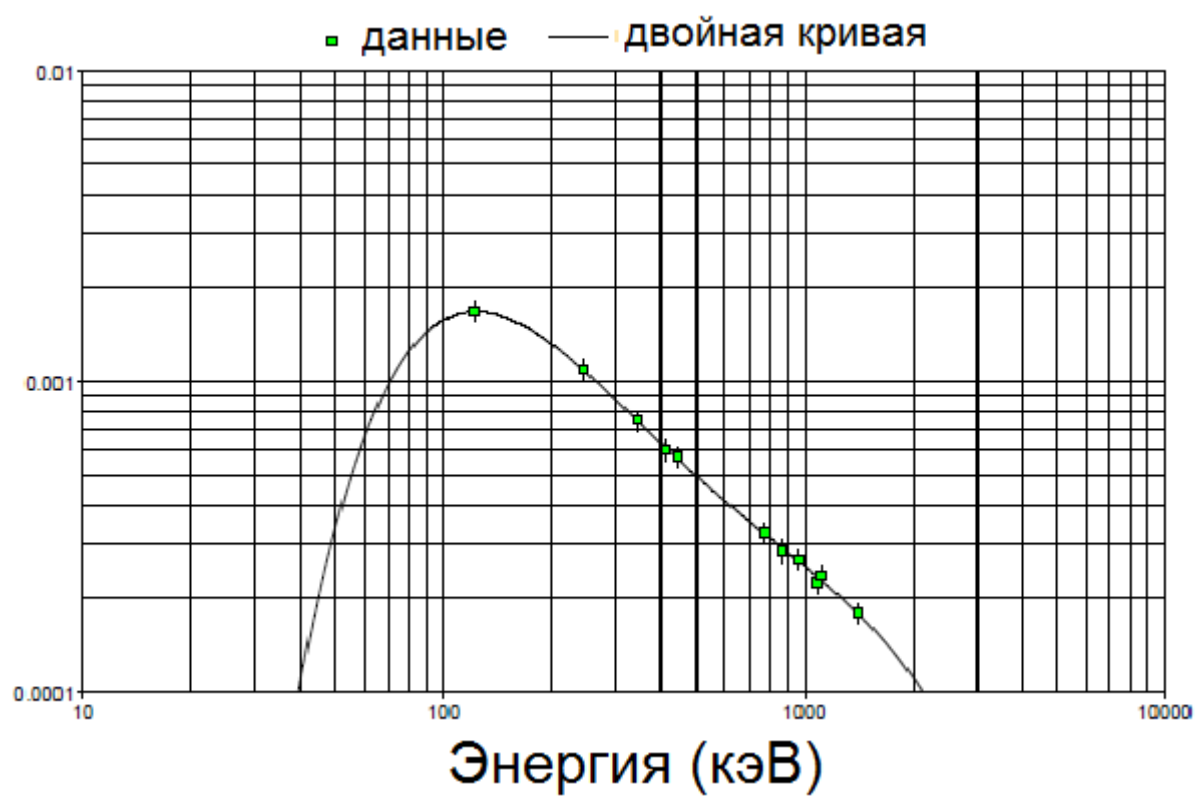


Рисунок 7 - Калибровочная кривая полупроводникового гамма-спектрометра по эффективности регистрации

4 Эксперимент по определению содержания радионуклидов в кернах

4.1 Геометрия эксперимента

Для спектрометрических измерений Лабораторией исследований керна ИИР ТПУ были предоставлены два 2 керна, которые показаны на рисунках 8 и 9. Замер габаритов производился штангенциркулем. Взвешивание проводили с помощью весов ВЛТЭ – 2200 компании «ГОСМЕТР».



Рисунок 8 - Малый керн ($h = 30.5$ мм, $d = 30$ мм, $m = 43.55$ г)



Рисунок 9 - Большой керн ($h = 45$ мм, $d = 70$ мм, $m = 413$ г)

С минералогической точки зрения эти образцы представляют собой песчаники, с практически идентичным составом и минералогической плотностью $\rho_m \approx 2.65 \pm 0.02 \text{ г/см}^3$.

4.2 Создание калибровочных источников

Для калибровки гамма-спектрометра в геометрии предоставленных образцов были созданы калибровочные источники, вид которых представлен на рисунках 10,11.



Рисунок 10 - Контейнер калибровочного источника для малого керна



Рисунок 11 - Контейнер калибровочного источника для большого керна

Емкости создали посредством 3D-печати в соответствии с габаритными размерами кернов, также была изготовлена специальная крышка. Емкости изготовлены из плотного полистирола, который является достаточно инертным материалом и не может вступить в химическую реакцию с материалом источника. Для процедуры калибровки их заполняли насыпным составом, состав которого приведен в таблице 1. Для успешной калибровки необходимо, чтобы плотность упаковки калибровочного источника была равна плотности исходных кернов. После этого контейнер герметично закрывался и устанавливался в гамма-спектрометр для набора спектра.

Таблица 1 - Состав радиоактивного источника

Нуклид	Активность Бк/кг
Ra ²²⁶	$5.28 \cdot 10^3$
Th ²³²	$4.06 \cdot 10^3$
K ⁴⁰	$1.45 \cdot 10^3$

4.3 Используемое оборудование

Набор спектров калибровочных источников и кернов проводили на коаксиальном HPGe гамма-спектрометре CANBERRA GC2018 от Canberra Industries с заводским номером БД 9841. В таблицах 2, 3 приведены соответственно основные технические характеристики спектрометра, условия эксплуатации и полный перечень устройств входящих в комплект поставки.

Таблица 2 - Основные характеристики гамма-спектрометра CANBERRA GC2018

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 2

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%

Таблица 3 - Комплект поставки гамма-спектрометра

Наименование	Кол-во	Заводской номер
Блок детектирования GC2018	1 шт.	9841
Многоканальный анализатор DSA-1000	1 шт.	13000447
Базовое спектрометрическое программное обеспечение Genie-2000 модель S502C	1 шт.	б/н
Программное обеспечение по анализу гамма-спектров модель S501C	1 шт.	б/н
Программное обеспечение по интерактивной подгонке пиков модель S506C	1 шт.	б/н
Комплект документации	1 к-т	б/н

Общая схема спектрометрической установки в полной комплектации представлена на рисунке 12.

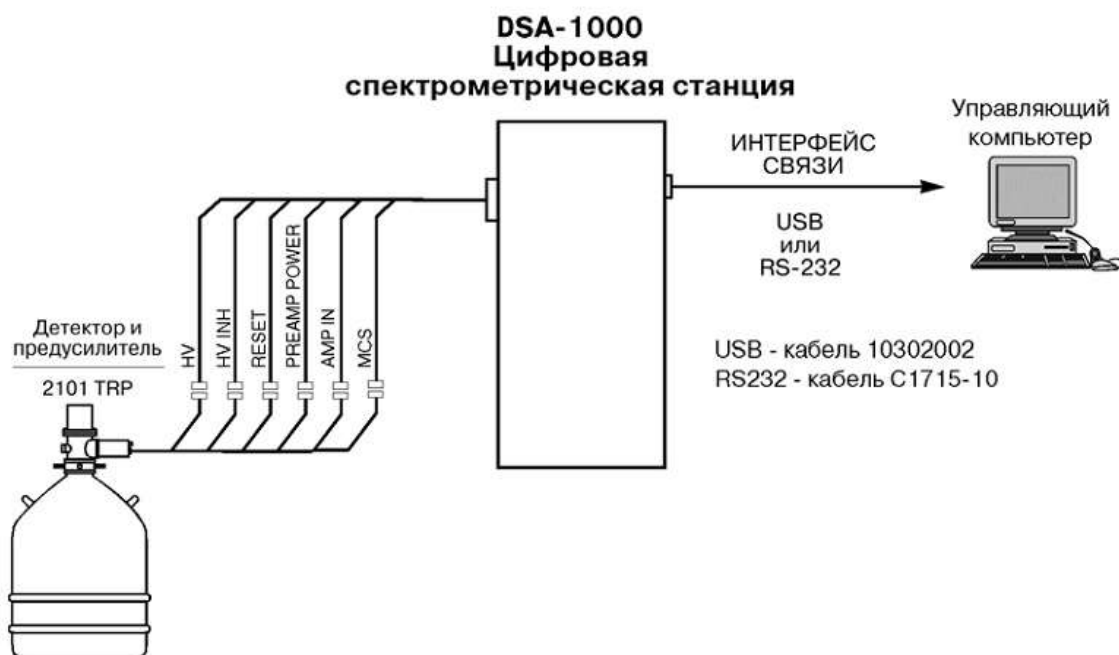


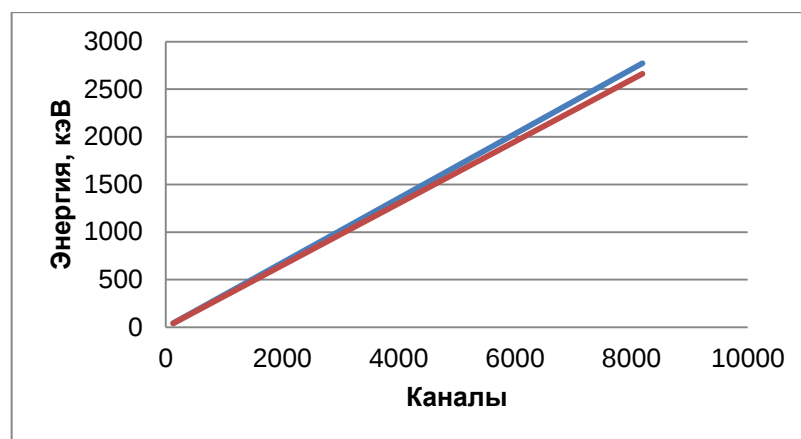
Рисунок 12 - Общая схема использованной спектрометрической установки

DSA1000 представляет собой полный интегральный многоканальный анализатор с максимальным разрешением 16 тыс. каналов, построенный на основе современной технологии цифровой обработки сигналов (ЦСП). Вместе с управляющего компьютера DSA1000 представляет собой законченную спектрометрическую станцию, обеспечивающую проведение набора и анализа спектра с наивысшим качеством.

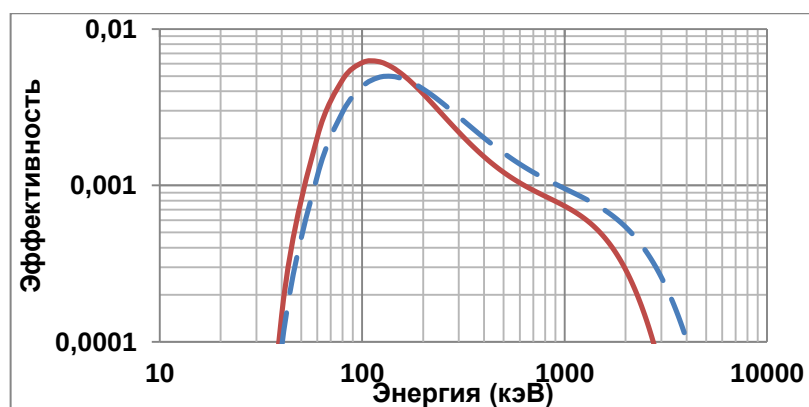
Для обработки информации и идентификации радионуклидов по спектру используется программное обеспечение «Спектрометрическая система Genie 2000» версии 2.1, которая содержит полный набор программных средств для набора и обработки спектров с многоканальных анализаторов (МКА). Она включает в себя функции управления МКА, отображения спектра и выполнения над ним ряда операций, базовые функции обработки спектра и создания отчета. При построении калибровочных зависимостей производили коррекцию набранного спектра посредством вычитания спектра фона. Измерения фона проводили в той же геометрии, используя в качестве наполняющего материала дистиллированную воду.

5 Результаты и их анализ

На рисунке 13 представлены результаты калибровки по энергии (рис. 13а) и эффективности регистрации (рис. 13б) для большого керна, на рисунке 14 соответствующие зависимости для малого керна. Для оценки достоверности полученных результатов набор спектра фона, кернов, и калибровочных источников провели также на полупроводниковом гамма-спектрометре CANBERRA GC 4020, установленном в лаборатории исследовательского реактора ИРТ-Т. Калибровочные кривые, построенные на основании измерений на этом спектрометре, приведены на рисунках 13, 14 штриховыми линиями.

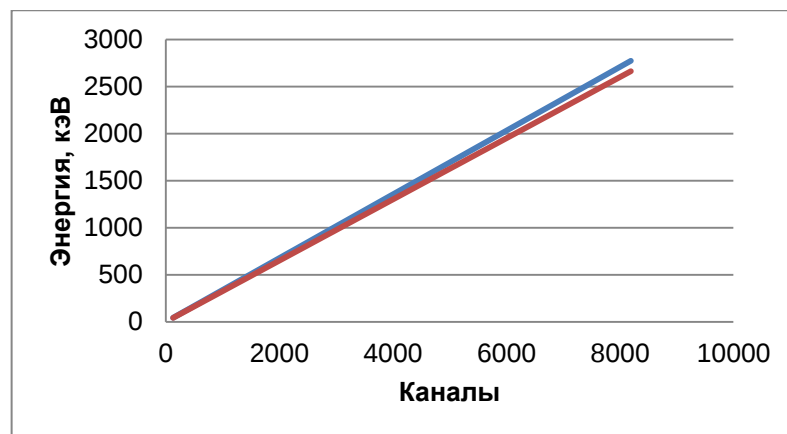


(а)

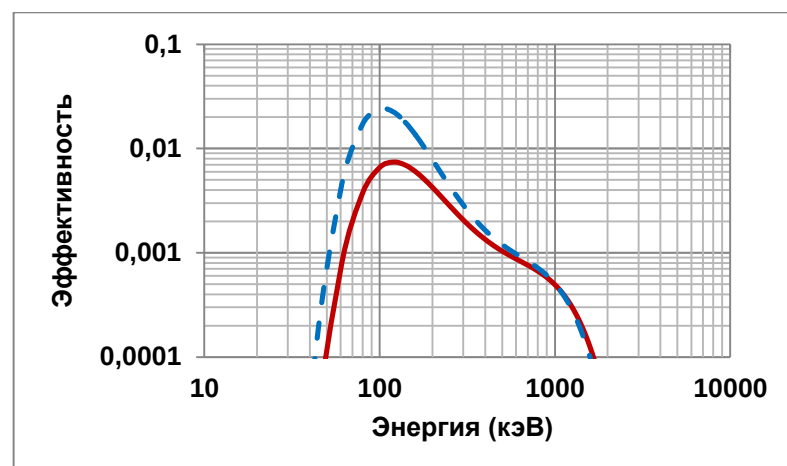


(б)

Рисунок 13 - Калибровочные кривые для большого керна (а – энергия, б – эффективность регистрации); сплошная линия – спектрометр каф. ПФ, штриховая линия – спектрометр на реакторе



(а)



(б)

Рисунок 14 - Калибровочные кривые для малого керна (а – энергия, б – эффективность регистрации); сплошная линия – спектрометр каф. ПФ, штриховая линия – спектрометр на реакторе

Вид зависимостей, полученных в результате калибровки гамма-спектрометров в геометрии «кern» для обоих калибровочных источников, соответствует стандартным калибровочным кривым, получаемым для других геометрий, что свидетельствует о правильности проведенной калибровки.

Калибровочные зависимости по энергии для большого и малого кернов для обоих спектрометров практически совпадают. Практически совпадают также калибровочные кривые по эффективности регистрации для большого и малого кернов, полученные для спектрометра кафедры ПФ. Однако калибровочные

кривые для большого и малого кернов, полученные на реакторе, заметно отличаются. Отличаются результаты, полученные для одной геометрии, но на разных спектрометрах. Наибольшее отличие для малого керна наблюдается в диапазоне низких и средних энергий, а для большого – в области высоких энергий.

На рисунках 15, 16, 17 в виде гистограмм представлены результаты определения содержания радионуклидов в большом и малом кернах, полученные с помощью двух гамма-спектрометров.

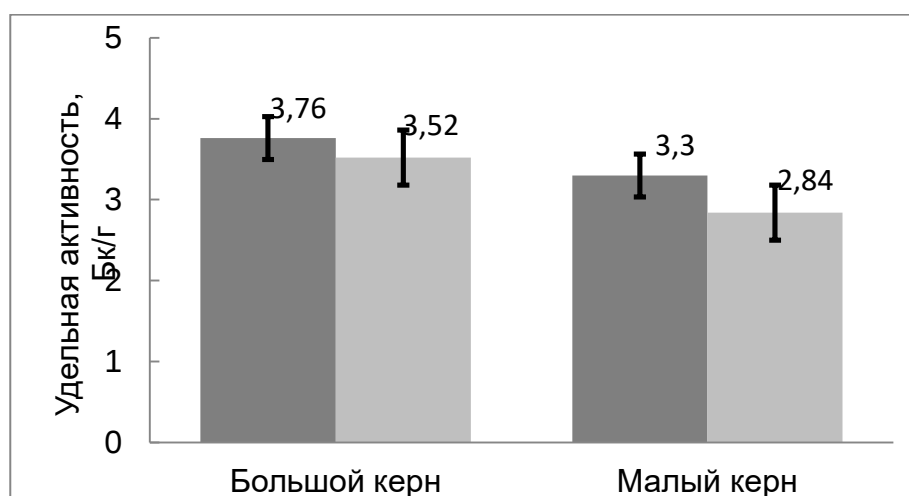


Рисунок 15 - Содержание изотопа K^{40} в большом и малом кернах (темный цвет – результаты измерения на кафедре ПФ, серый – на реакторе)

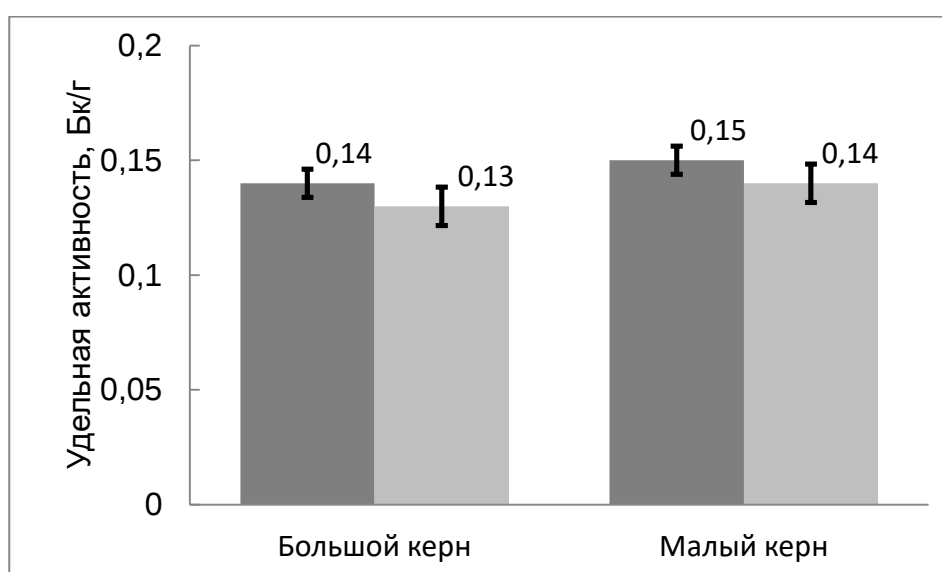


Рисунок 16 - Содержание изотопа Ra^{226} в большом и малом кернах (темный цвет – результаты измерения на кафедре ПФ, серый – на реакторе)

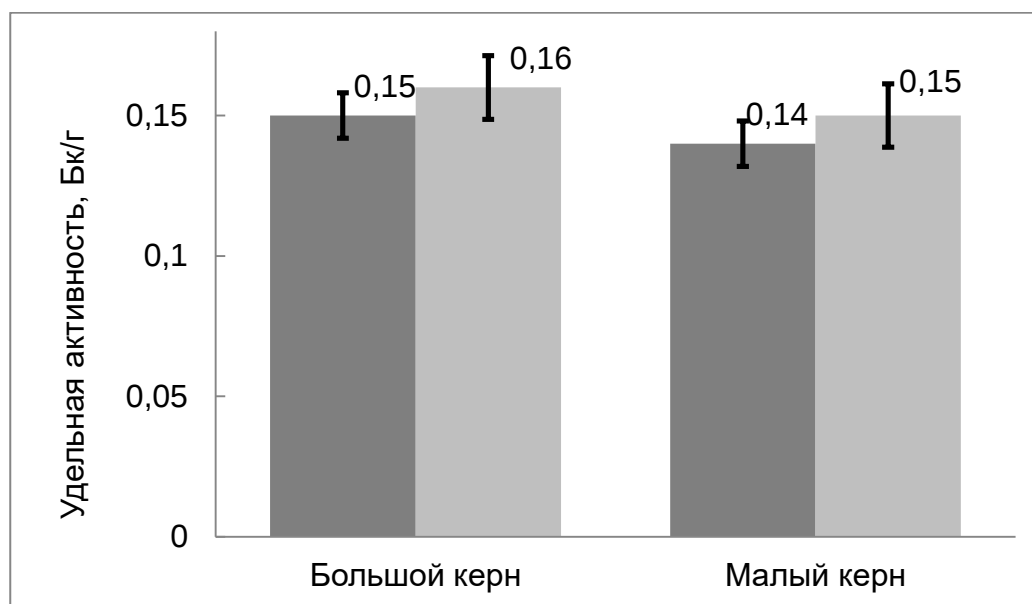


Рисунок 17 - Содержание изотопа Th^{232} в большом и малом кернах (темный цвет – результаты измерения на кафедре ПФ, серый – на реакторе)

Из приведенных гистограмм видно, что концентрации радионуклидов Ra^{226} , Th^{232} , K^{40} , измеренные на двух спектрометрах, в пределах погрешности совпадают. Это свидетельствует о правильности проведенной калибровки спектрометров в геометрии «керна».

Заключение

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы сделано следующее:

1. Проведен обзор литературы по методам определения коэффициента ОНН.
2. Изучены основы гамма-спектрометрии и устройство полупроводникового гамма-спектрометра.
3. Освоена методика калибровки полупроводникового гамма-спектрометра.
4. Созданы калибровочные источники в геометрии «кern».
5. Проведена процедура калибровки спектрометра в геометрии «кern».
6. Измерено содержание радионуклидов в предоставленных кернах.

На основе выполненной выпускной квалификационной работы можно сделать следующие выводы:

- Обзор литературы показал, что разработанные к настоящему времени методы определения ОНН являются трудоемкими, дорогостоящими и не обеспечивают необходимой точности.
- Полученные калибровочные зависимости имеют вид, характерный для полупроводникового гамма-спектрометра на основе HPGe.
- Совпадающие в пределах погрешности результаты измерения удельной активности естественных радионуклидов свидетельствуют о правильности калибровки двух спектрометров в геометрии «кern».

6 Социальная ответственность

Каждое производство несет ответственность за сохранения жизни и здоровья сотрудников. Нормативно-правовой базой, обеспечивающей безопасность в процессе работы, является система охраны труда. Это взаимосвязанная совокупность законодательных актов, регламентирующих социально-экономические, организационные, технические, гигиенические и лечебно-профилактические аспекты трудовой деятельности. К этой же системе можно отнести мероприятия и средства, обеспечивающие безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека во время труда. Согласно аксиоме о потенциальной опасности, ни один вид человеческой деятельности не может быть абсолютно безопасным, и в этих условиях главная задача охраны труда как системы – минимизировать вероятность поражения или заболевания рабочего в процессе труда. На практике условия на производстве характеризуются наличием некоторых опасных и вредных производственных факторов. Опасным фактором на производстве согласно стандартам безопасности труда [15] называется такое воздействие на организм сотрудника, которое при определенных обстоятельствах приводит к травме, резкому ухудшению здоровья. Вредным же фактором называется такое воздействие, которое может привести к заболеванию или снижению трудоспособности.

6.1 Опасные и вредные факторы работы

Опасные и вредные факторы можно классифицировать по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические.

Дипломная работа выполнена в ТПУ на кафедре ПФ ФТИ. В ходе работы были использованы физические установки (гамма-спектрометры) и современные ЭВМ, которые позволили минимизировать временные затраты на проведение математической обработки.

Все работы с гамма-спектрометром следует проводить с учетом действующих норм и правил, регламентирующих работу с радиоактивными источниками (НРБ, ОСПОРБ и пр.). Также, поскольку в блоке детектирования используется высокое напряжение (до 5 кВ), следует соблюдать правила работы с электроустановками. Особое внимание следует обратить на технику безопасности при обращении с жидким азотом, который при контакте с телом человека моментально вызывает обморожение.

За компьютером инженер подвержен следующим факторам:

- физическим: температура и влажность воздуха; шум; статическое электричество; низкочастотное электромагнитное поле; освещённость; наличие слабого ионизирующего излучения;
- психофизиологические опасные и вредные производственные факторы: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Ниже в таблице 4 приведены основные виды работ, проводимых в рамках выполнения квалификационной работы и классифицированных с точки зрения опасных и вредных факторов. Там же приведены соответствующие нормативные документы, регламентирующие основные правила безопасности.

Таблица 4 - Основные элементы производственного процесса при выполнении квалификационной работы, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Калибровка гамма-спектрометра	Повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне	Электрический ток	1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СП 2.6.1.2523-09. 2.ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
Набор спектра для определения радионуклидного состава пробы			
Обработка данных за ПЭВМ	Воздействие радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ и т.д.)	Электрический ток	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»

6.2 Мероприятия по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ и гамма спектрометре

6.2.1 Организационные мероприятия

Все сотрудники обязаны знать и соблюдать существующие на производстве правила техники безопасности. Ответственность доведения до

персонала этих правил лежит на сотруднике, отвечающем за вводный инструктаж на рабочем месте.

После обучения на рабочем месте квалификационной комиссией осуществляться проверка знания правил техники безопасности. По успешному прохождению проверки сотруднику присваивается квалификационная группа по технике безопасности и затем выдается соответствующее удостоверение.

Сотрудники, занимающиеся обслуживанием электроустановок не должны иметь физических ограничений (увечья, болезни), которые бы могли помешать работе. Выявление оных является главной задачей медицинского освидетельствования.

6.2.2 Технические мероприятия

Рациональное планирование рабочего места предполагает строгий порядок в размещении предметов, необходимых для работы. Средства труда, документы должны располагаться на рабочем столе согласно частоте их использования – предметы, требующиеся для выполнения работы чаще остальных, лежат ближе. Зоны легкой досягаемости рук в горизонтальной плоскости изображены на рисунке 17, где: I – зона основных движений, II – зона вспомогательных движений, III – зона вне пределов досягаемости, но в пределах видимости приборов.

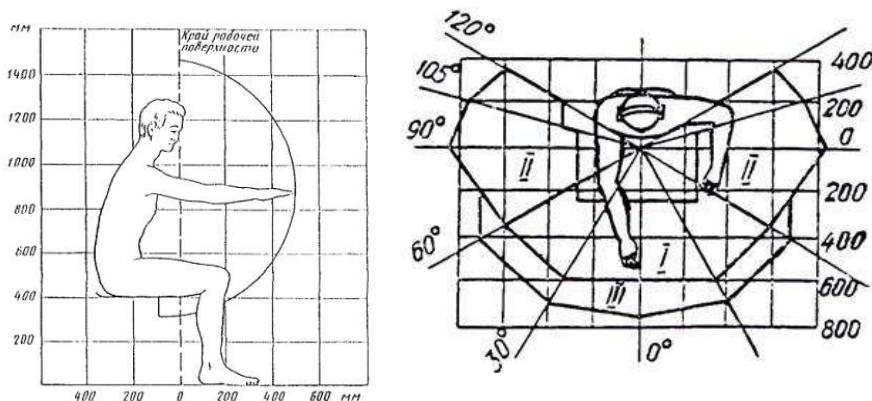


Рисунок 17 – Зоны досягаемости рук в вертикальной и горизонтальной
плоскостях

При проектировании обычного письменного стола следует учесть следующие требования:

- высоту рабочей поверхности рабочего стола рекомендуется закладывать в пределах 680 – 800 мм;
- рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм;
- пространство под столом для ног должно быть по высоте не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным, иметь механизм регулирования по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки до переднего края сиденья для того, чтобы подстраивать кресло индивидуально под каждого работника. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420-550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии в пределах 500-600 мм. Согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана. Монитор должен иметь возможность подстройки уровня контрастности и яркости экрана.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

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

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15°. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую

поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

6.2.3 Условия безопасной работы

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

Микроклимат – комплекс физических факторов внутренней среды помещений, оказывающий влияние на тепловой обмен организма и здоровье человека.

Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата и приведены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Оптимальные параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	40-60	0,1
Тёплый	23-25	40-60	0,1

Таблица 6 – Допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже допустим	Диапазон выше допустим		Для диапазона ниже	Для диапазона выше
Холодный	20,0-21,9	24,1-25,0	15-75	0,1	0,1
Тёплый	21,0-22,9	25,1-28,0	15-75	0,1	0,2

Температура – степень нагретости воздуха в рабочем помещении. По закону при восьмичасовом рабочем дне температура воздуха в офисном помещении должна составлять 23-25°C в теплое время года и 22-24 °C в холодное (при относительной влажности 40-60%). Отклонение от нормы разрешено лишь на 1-2 °C. Допустимое колебание температуры во время рабочего дня – не больше 3-4 °C [16].

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции, кондиционирование воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. При объеме помещения до 20 м³ в него должно подаваться, не менее 30 м³/ч наружного воздуха на одного человека. В случае объема помещения более 40 м³ на одного человека допускается естественная циркуляция, но с учетом отсутствия выделения вредных веществ.

В помещении обеспечена нормальная естественная вентиляция. Воздух свободно циркулирует через окна и двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что подача приточного воздуха идет в помещения без предварительной очистки и подогрева.

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.

В работе [16] приведены следующие значения уровня шума в помещениях офисов, проектных и научно-исследовательских организаций:

- допустимый уровень – 45 дБ;
- максимальный уровень – 60 дБ;
- оптимальный уровень – 50 дБ.

При выполнении работы на ЭВМ уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 50 дБ.

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Согласно [16] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

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

Плотность магнитного потока должна быть не более:

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

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.

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Мощность дозы облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкР/час. По нормам [16]. конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более 100 мкР/час.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света. В производственном помещении применяется общее равномерное освещение с помощью люминесцентных ламп. Согласно требованиям [17] освещенность рабочих поверхностей должна быть не менее 200 лк.

6.3 Радиационная безопасность

Главная цель радиационной безопасности – охрана здоровья людей от вредного воздействия ионизирующего излучения путем соблюдения основных принципов и норм радиационной безопасности. Главным документом по радиационной безопасности при организации работ с источниками ионизирующих излучений (ИИ) является «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений».

В ходе работы проводили калибровку гамма-спектрометра с использованием закрытого радиоактивного источника (Eu^{152}). Под влиянием ИИ в организме может происходить торможение функции кроветворных органов, нарушение нормальной свертываемости крови и увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение сопротивляемости организма инфекционным заболеваниям и др.

В работе в роли закрытого источника ИИ выступает ОСГИ. При работе с закрытыми источниками ионизирующих излучений, как это было указано в определении, при штатных условиях не происходит выброса радиоактивных веществ в окружающую среду и поэтому они не могут попасть внутрь организма человека. Контроль герметичности закрытых источников излучения должен проводиться в порядке и в сроки, установленные соответствующими стандартами и технической документацией на них. Каждый ОСГИ, как всякий искусственный источник, имеет паспорт, в котором указаны дата аттестации, масса, активность, измеренная на момент аттестации источника, а также срок годности, по истечении которого источник необходимо утилизировать согласно.

В период времени, когда ОСГИ не используются, они должны храниться в специальном опломбированном освинцованном сейфе. Источник выдается для проведения измерений только под подпись. Для минимизации

внешнего облучения при работе с ОСГИ достаточно наличия минимальной спецодежды, например лабораторный халат.

Только лишь в случае нарушения герметичности защитной оболочки ОСГИ применяются защитные меры, которые должны предотвращать радиоактивное загрязнение воздуха, поверхности рабочих помещений, кожи и одежды персонала. Для обеспечения безопасности при работе с ИИ существуют допустимые уровни доз, которые может получить человек [18, 19]. Уровни разделяются в соответствии с категорией по нормам радиационной безопасности. Персонал (группа А) – лица, работающие с техногенными источниками, ионизирующими излучением, или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б). Население – все лица, включая персонал вне работы. Пределы допустимых доз для персонала группы А и населения приведены в табл. 7

Таблица 7 – Пределы допустимых доз для различных групп

Нормируемая величина	Пределы доз		
	Персонал гр. А	Персонал гр.Б	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	Основные пределы доз для персонала этой группы равны $\frac{1}{4}$ значений для персонала группы А	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза в год:			
- в хрусталике глаза	150 мЗв		15 мЗв
- в коже	500 мЗв		50 мЗв
- в кистях и стопах	500 мЗв		50 мЗв

Значения проектной мощности эквивалентной дозы для стандартной продолжительности пребывания в помещениях и на территориях персонала и населения приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Мощность эквивалентной дозы используемой при проектировании защиты

Категория облучаемых лиц		Назначение помещения	Продолжительность облучения, ч/год	Проектируемая мощность дозы, мкЗв/ч
Персонал	гр.А	Постоянное пребывание	700	6,0
		Временное пребывание	850	12
	гр.Б	Помещение организации и территория С.3.3., где нах-ся. пер.гр.Б	2000	1,2
Население		Любое другое помещение и территория	8800	0,06

Согласно этой классификации, студентов можно причислить к группе Б. В ходе выполнения ВКР нормы предельной дозы и мощности эквивалентной дозы не были превышены.

6.4 Электробезопасность

Электробезопасность – система мер и средств, которые обеспечивают защиту персонала и населения от вредного и опасного воздействия

электрического тока в различных его проявлениях. Влияние электричества на организм человека носит разносторонний характер, поэтому последствия столкновения человека с этим явлением рознятся от самых незначительных до летальных.

Электрический ток, проходя через организм человека, производит следующие воздействия:

- Термическое действие заключается в нагреве тканей организма вплоть до тяжелых ожогов.
- Электролитическое действие характеризуется электролитической диссоциацией жидкостей, в т.ч. крови, после чего выполнение ими своих функций невозможно.
- Биологическое действие заключается в нарушении естественных биологических процессов в организме и может проявляться в т.ч. в хаотичных сокращениях мышц, что приводит к нарушению работы дыхательной системы и сердца.
- Механическое действие проявляется в разрывах тканей, ушибах, вывихах, переломах вследствие судорожных движений конечностей. Известны случаи переломов костей, в результате сильного сокращений прикрепленных к ним мышц.

Действие электрического тока на организм также можно классифицировать иначе, используя понятие – электротравма. Этим понятием в общем смысле называется поражение тела человека электрическим током. Принято разделять электротравмы на две группы:

- Общая электротравма – электрический удар, при котором возбуждаются различные группы мышц по всему телу, что приводит к судорогам, остановке дыхания, остановке сердца.
- Местная электротравма – этим словом обозначаются различные виды электрических поражений, таких как: электрический ожог, металлизация кожи, электрофтальмия, механические повреждения и т.д.

Исход поражения организма человека электрическим током зависит от следующих причин: величина силы тока, путь прохождения тока через тело человека, продолжительность действия тока, частота тока и сопротивление человека в момент соприкосновения с токоведущими частями, величина которого зависит от состояния окружающей среды (температура, влажность), состояния кожных покровов и даже настроения человека.

При работе с электроустановками и ПЭВМ существует вероятность поражения электрическим током лишь в следующих случаях:

- при непосредственном соприкосновении к токоведущими частями во время ремонта и технической эксплуатации;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения целостности изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в блоках высокого напряжения;

В нормативных документах установлены безопасные значения величины постоянного и переменного тока – 50 мА и 10 мА соответственно. Безопасная величина напряжения составляет 12 В.

Помещение, в котором проводились измерения для квалификационной работы, относится к помещениям без повышенной опасности: сухое (влажность воздуха не превышает 75%), с умеренной температурой воздуха (температура не превышает 28°C), с непроводящими полами, без металлической пыли и химически активной среды. Вся проводка электрооборудования покрыты изоляционным материалом и находятся в заземленной металлической оплетке. Присутствует распределительный щиток с пластмассовым кожухом, имеются автоматы аварийного отключения. Помещение оснащено контуром защитного заземления из стальной полосы поперечным сечением 30 мм² по всему периметру. Всё электрооборудование в помещении имеет заземление.

Согласно [20] устройство заземления во все время эксплуатации должно иметь сопротивление не более 0,4 Ом.

Для предотвращения накопления статического электричества необходимо использовать увлажнители и нейтрализаторы, а полы должны быть выполнены с антистатическим покрытием. Конструкция пола не допускает накопление статического электричества, так как покрытие пола изготовлено из обладающих антистатическими свойствами материалов.

6.5 Пожарная и взрывная безопасность

Все помещения по пожаровзрывоопасности опасности подразделяются на категории: А, Б, В, Г, Д [21]. Классификация исходит из характеристик используемых в производстве веществ и их количества. Помещение, использованное для выполнения квалификационной работы, относится к категории Г – умеренная пожароопасность, так как оно содержит твердые горючие и трудно горючие материалы.

К теоретически возможным причинам возгорания в данном помещении можно отнести:

- работа с электроаппаратурой (ошибка оператора, короткое замыкание)
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих материалов: бумага, дерево, изоляционный материал и т.п.

Для тушения электрооборудования запрещено использовать любые огнетушители на водной основе. Во избежание поражения электрическим током необходимо использовать углекислотные (ОУ-2А, ОУ-8) или порошковые огнетушители. Данные огнетушители предназначены для тушения горения металлов, легковоспламеняющихся жидкостей и в том числе подходят для тушения электроустановок под напряжением до 1000 В.

На объекте огнетушители необходимо располагать таким образом [22], чтобы они были защищены от попадания прямых солнечных лучей, любых тепловых потоков, механических воздействий и других неблагоприятных факторов (вибрация, агрессивная среда, повышенная влажность и т. д.). Они

должны быть легко заметны в случае пожара, и иметь к себе свободный доступ. Предпочтительно размещать огнетушители вблизи мест наиболее вероятного возникновения пожара, вдоль путей прохода, а также около выхода из помещения. Огнетушители не должны препятствовать эвакуации людей во время пожара.

В соответствии с нормами пожарной безопасности, на этаже расположены 2 огнетушителя ОП-3 (огнетушитель порошковый, переносной), лестничные пролеты оборудованы гидрантами, имеется кнопка пожарной сигнализации.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

- сообщить руководству (дежурному);
- позвонить в аварийную службу или МЧС;
- принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Научно-исследовательские работы (НИР) – это работы естественно - научного характера, связанные с созданием новой информации на основании имеющейся, проведением исследований с целью получения научных обобщений, изыскания принципов и путей создания (модернизации) продукции.

Исходя из определения, НИР могут включать в себя следующие виды работ:

1. Фундаментальные исследования – изыскания, выполняемые с целью расширения картины мира, пополнения научных знаний о явлениях и закономерностях эволюции. Фундаментальная наука ориентируется не на конкретное практическое применение полученных результатов, однако она может стимулировать развитие прикладной науки.
2. Поисковые решения, выполняемые с целью нахождения путей использования выявленных явлений и закономерностей в конкретной области науки и техники для создания принципиально новых изделий, материалов и технологий.
3. Прикладные исследования, прежде всего, направлены на применение имеющихся научных знаний для решения конкретных задач, связанных с методами проведения научных экспериментов, методами и средствами измерений, опытно-конструкторскими разработками при создании научно-технической продукции.

7.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Основным результатом исследований, приведенных в квалификационной работе, являются калибровочный файл, позволяющий проводить точные спектрометрические исследования в геометрии «керна», а

также данные о радионуклидном составе предоставленных образцов кернов. Эта информация будет полезной при разработке индикаторного по радону метода определения коэффициентов остаточной водо- и нефтенасыщенности, которые используют для оценки целесообразности выработки нефтяного месторождения.

Следовательно, в перспективе основными потребителями результатов данной работы будут нефтегазодобывающие компании, а также научно-исследовательские институты, занимающиеся проблемами нефтегазовой отрасли, которые возможно будут заниматься разработкой новой технологии на основании результатов данной работы.

Как выглядит сегментирование в случае данного проекта, представлено в таблице 9.

Таблица 9 - Карта сегментирования рынка услуг

		Организации	
		Нефтегазодобывающие компании	Научно - исследовательские институты
Область применения	Оценка целесообразности выработки		
	Разработка новых технологий		

7.1.1 SWOT-анализ

SWOT – методика анализа научных проектов и технических решений Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Методику SWOT применяют для анализа факторов внешней и внутренней среды проекта.

Strengths (сильные стороны) – это факторы внутренней среды, характеризующие конкурентоспособную сторону проекта. Под сильными сторонами понимаются отличительные преимущества или особые ресурсы, которые способствуют победе проекта в конкурентной борьбе. Иначе говоря, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей.

Weaknesses (слабые стороны) – это также фактор внутренней среды. Представляет собой недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей.

Opportunities (возможности) включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях внешней среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность.

Threats (угрозы) представляет собой любую нежелательную ситуацию, ограничение, накладываемое внешней средой на проект. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

SWOT-анализ в данном научном исследовании будет проведен для ИМР метода определения остаточной нефтеводонасыщенности, для разработки которого и необходимо осуществить калибровку гамма-спектрометра в геометрии предоставленных образцов пород. SWOT-анализ данного проекта представлен в таблице 10.

Таблица 10 — SWOT-анализ проекта

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: 1) Простота в использовании 2) Высокая точность измерений 3) Относительная дешевизна 4) Независимость результатов от геофизических параметров пробы 5) Минимальные затраты времени на получение результата	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: 1) Облучение персонала при применении метода 2) Необходимость оборудования специальных лабораторий
Возможности: 1) Появление спроса на новый метод в связи с уменьшением запасов доступной нефти	B1 – C1...C5 – повсеместное внедрение данного метода для лабораторных исследований	B1 – C1, C2 – дополнительное финансирование на оборудование лабораторий, снабжения персонала новейшими средствами защиты, разработка методического материала использования метода, проведение дополнительных дозиметрических изысканий
Угрозы: 1) Существование сан. - пин. надзора 2) Конкуренция в научной среде 3) Радиофобия 4) Отсутствие финансирования на разработку	У2 – C1...C5 – разработка метода, который будет проще, точнее, дешевле и т.д.	У1, У3 – C1, C2 – запрет/ограничение использования данного метода. У2 – C1, C2 – разработка другого метода без вышеизложенных недостатков У4 – C2 – полное отсутствие развития

Из SWOT-анализа видно, что для реализации данной работы необходимо получить дополнительное инвестирование (получение грантов, субсидий, премиальных и т.д.).

7.2 Планирование научно-исследовательской работы

Научно-исследовательские работы (НИР) (ГОСТ 15.101-98) и опытно-конструкторские разработки (ГОСТ Р 15.201-2000) разбиваются на этапы согласно соответствующим нормативам. В зависимости от характера и сложности НИОКР ГОСТ допускает деление самих этапов на несколько последовательных видов работ.

Для выполнения научных исследований обычно формируется рабочая группа, в состав которой обычно входят научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты. Численность групп может варьироваться до 15 человек.

В рамках данного исследования была создана рабочая группа, в состав которой вошли:

- научный руководитель;
- студент.

В данном разделе сформулирована последовательность этапов работ по выполнению НИР, проведено распределение обязанностей за выполнение разного рода работ. Порядок этапов и работ при выполнении ВКР приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Список этапов, работ и исполнителей.

Основные этапы	№ Работ	Содержание работы	Исполнитель
Разработка технического задания на НИР	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель

Продолжение таблицы 11

Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение теоретического материала по теме	Студент
	3	Выбор направления исследования	Руководитель
	4	Разработка общей методики проведения исследований	Руководитель
	5	Составление календарного плана выполнения работ исследования	Руководитель
Теоретические исследования	6	Изучение документации, поиск литературы	Студент
	7	Поиск статей в журналах по выбранной тематике	Студент
Получение результатов	8	Получение необходимых данных	Студент
Аналитическая обработка результатов	9	Математическая обработка результатов и составление возможных графических зависимостей	Студент
Анализ полученных результатов	10	Анализ результатов обработки и подведение промежуточных итогов исследования	Руководитель, Студент
Оформление отчета по НИР	11	Проверка полученных результатов	Руководитель
	12	Составление пояснительной записки НИР	Студент

7.2.1 Определение трудоемкости выполнения НИР

На следующем этапе осуществления НИР определяется их трудоемкость. Трудоемкость выполнения оценивается экспертным путем в специальных величинах - человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости работ используется следующая формула:

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

где $t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, (чел.-дн.); $t_{\min i}$ - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), (чел.-дн.); $t_{\max i}$ - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении самых неблагоприятных обстоятельств выполнения работы), (чел.-дн.).

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %. Исходя из размерности величины ожидаемой трудоемкости, продолжительного i – типа работ определяется по формуле №.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} - продолжительность одной работы, (раб.-дн.); $t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, (чел.-дн.); $Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, (чел.). В ходе данной работы количество человек, выполнявших каждую из работ на каждом из этапов, равняется одному.

Результаты расчетов трудоемкости каждого вида работ представлены в таблице 12.

7.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

На следующем этапе разрабатывается календарный план выполнения работ НИР. Был построен ленточный график проведения НИР в форме диаграмм Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (4)$$

где T_{ki} - продолжительность выполнения одной работы, (кален. дн.); T_{pi} - продолжительность одной работы, (раб. дн.); k - коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Расчёт коэффициента календарности производится по следующей формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (5)$$

где, $T_{кг}$ - количество календарных дней в году ($T_{кг} = 365$ дн.); $T_{вд}$ - количество выходных дней в году ($T_{вд} = 52$); $T_{пд}$ – количество праздничных дней в году, ($T_{пд} = 14$). Рассчитанная величина продолжительности работ T_{ki} была округлена. Величина посчитанного коэффициента календарности:

$$k = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1.22 \quad (6)$$

Расчетные данные сведены в таблице 12, на основании которой был построен календарный план-график.

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования

i	Исполнитель	$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{\text{ож } i}$	Ψ_i	T_p , раб.дн	T_k , кал.дн.
1	Руководитель	1	3	1,8	1	1,8	2
2	Студент	3	6	4,2	1	4,2	5
3	Руководитель	1	2	1,4	1	1,4	2
4	Руководитель	2	4	2,8	1	2,8	3
5	Руководитель	4	7	5,2	1	5,2	6
6	Студент	2	4	2,8	1	2,8	3
7	Студент	2	4	2,8	1	2,8	3
8	Студент	20	30	24	1	24	29
9	Студент	1	2	1,8	1	1,8	2
10	Студент	1	2	1,4	1	1,4	2
11	Руководитель	1	2	1,4	1	1,4	2
12	Студент	7	10	8,2	1	8,2	10
Итого		45	76	57,8	-	57,8	69

7.2.3 Календарь-план в виде диаграммы Ганта

На основании расчётных данных был построен план-график в виде диаграммы Ганта. График построен с временной шкалой, разбитой на месяцы и декады, покрывающей весь период проведения исследований и написания ВКР. Каждому исполнителю присваивается свой тип штриховки. Календарный план-график выполнения данной дипломной работы представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Календарный план-график проведения НИР по теме

№	Исп.	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
			Март				Апрель				Май			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Р	2												
2	С	5												
3	Р	2												
4	Р	3												
5	Р	6												
6	С	3												
7	С	3												
8	С	29												
9	С	2												
10	С/Р	2												
11	Р	2												
12	С	10												

 - студент;  - руководитель.

7.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, необходимых на его выполнение. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей работ;
- дополнительная заработная плата исполнителей работ;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы (расходы на привлечение сторонних организаций)
- накладные расходы.

7.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены согласно информации, размещенной в Интернете на сайтах производителей (либо поставщиков). Все материальные расходы, необходимые для проведения данного исследования, заносятся в таблицу 14.

Отсутствие в таблице разделения на источники финансирования говорит о том, что источник один. Источник финансов в данной работе – студент.

Для работы низкофоновой камеры гамм-спектрометра необходим жидкий азот. Затраты на расход азота в процессе измерений можно рассчитать по формуле:

$$C = C_{\text{аз}} \cdot P_{\text{об}} \cdot T_{\text{об}} = 11 \cdot 0,06 \cdot 300 = 198, \quad (7)$$

где $C_{\text{аз}}$ — стоимость жидкого азота (11 руб./л); $P_{\text{об}}$ — потребление жидкого азота установкой (л/ч), $T_{\text{об}}$ — время использования оборудования, ч.

Таблица 14 — Затраты на сырье и материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
Жидкий азот	л	300	11	198
Итого				198

7.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В данный раздел включена основная заработная плата работников непосредственно участвовавших в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (8)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата; $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, студента) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (9)$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}}, \quad (10)$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; $М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $М = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; • при отпуске в 48 раб.дней $М = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя; $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 15)

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

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

Месячный доклад работника с учетом районного коэффициента для Томска $k_p = 1,3$, вычисляется:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot 1,3. \quad (11)$$

Результаты расчетов основной заработной платы приведены в таблице 16. Например для руководителя расчет основной заработной платы, зная, что его оклад 23264 руб./месяц, проводится следующим образом:

- находим месячный должностной оклад:

$$З_{\text{м}} = 23264 \cdot 1,3 = 30243 \text{ руб./месяц}; \quad (12)$$

- рассчитываем среднедневную заработную плату:

$$З_{\text{дн}} = \frac{30243 \cdot 10,4}{251} = 1253 \text{ руб./день}; \quad (13)$$

- рассчитываем основную заработную плату:

$$З_{\text{осн}} = 1253 \cdot 12,6 = 15787,8 \text{ руб.} \quad (14)$$

Такой же расчет был проведен и для вычисления основной заработной платы студента.

Таблица 16 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб.	k_p	$З_{\text{м}}$, руб./месяц	$З_{\text{дн}}$, руб./день	$T_{\text{р,раб.}}$ дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	23264	1,3	30243	1253	12,6	15787,8
Студент	1750	1,3	2275	94	45,2	4248,8
Итого $З_{\text{осн}}$						20036,6

7.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (15)$$

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

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

$$k_{\text{внеб}} = k_{\text{пф}} + k_{\text{с}} + k_{\text{пн}}, \quad (16)$$

где $k_{\text{пф}}$ - коэф. отчисления в пенсионный фонд; $k_{\text{с}}$ - коэф. отчисления страховых взносов; $k_{\text{пн}}$ - коэф. отчисления в подоходный налог.

$$k_{\text{внеб}} = 0,271. \quad (17)$$

Таким образом отчисления во внебюджетные фонды от затраты на оплату труда руководителя вычисляются следующим образом:

$$З_{внеб} = 0,271 \cdot 15787,8 = 4278,5 \text{ руб.} \quad (18)$$

Аналогичные расчеты были проведены для студента, и итоговые результаты по величине страховых отчислений приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Студент
Основная заработная плата, руб.	15787,8	4248,8
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	0,271
Сумма отчислений	4278,5	1151,5
Итого	4278,5	1151,5

7.3.4 Накладные расходы

В данную статью входят расходы на содержание аппарата управления и общехозяйственных служб. По этой статье учитываются оплата труда административно-управленческого персонала, содержание зданий, оргтехники и хозинвентаря, амортизация имущества, расходы по охране труда и подготовке кадров.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$С = Ц_{эл} \cdot P \cdot F_{об} = 5,8 \cdot 0,4 \cdot 300 = 696 \quad (19)$$

где $Ц_{эл}$ — тариф на промышленную электроэнергию (5,8 руб. за 1 кВт·ч); P — мощность оборудования (0,4 кВт); $F_{об}$ — время использования оборудования, ч.

Итого затраты на электроэнергию составили 696 рубли.

7.3.5 Расходы на амортизацию оборудования

Расчет амортизационных отчислений на весь срок выполнения выпускной квалификационной работы осуществляется линейным способом.

При этом методе расчет месячных отчислений можно осуществить по формуле:

$$A = \frac{C \cdot K}{12}, \quad (20)$$

где A – размер среднемесячных амортизационных отчислений, C – первичная стоимость имущества, K – норма амортизации, которая рассчитывается по формуле 21.

$$K = \frac{1}{n} \cdot 100\%, \quad (21)$$

где K – годовая норма амортизации, n – срок эксплуатации оборудования в годах.

Таким образом, расходы на амортизацию составляют:

$$K = \frac{1}{7} \cdot 100\% = 14,3 \%$$
$$A = \frac{2000000 \cdot 0,143}{12} = 23833 \text{ руб}$$

Поскольку спектрометр использовался менее месяца, необходимо пересчитать амортизационные отчисления на время работы (300 часов).

$$A_p = 23833 \text{ руб} \cdot 0,41667 = 9930 \text{ руб}$$

7.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) 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.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	198
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	20037
3. Отчисления во внебюджетные фонды	5430
4. Затраты на научные и производственные командировки	-
5. Контрагентные расходы	-
6. Накладные расходы	696
7. Расходы на амортизацию	9930
Бюджет затрат НТИ	36291

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

Определить эффективность можно посредством расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его величина складывается из коэффициентов финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе сравнения бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу

расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (22)$$

где $I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

Так как разработка имеет одно исполнение, то:

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{36291}{36291} = 1. \quad (23)$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (24)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 19).

Таблица 19 – Оценка характеристик исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,20	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	3
3. Помехоустойчивость	0,20	5
4. Энергосбережение	0,15	4
5. Надежность	0,25	4
6. Материалоемкость	0,05	5
ИТОГО	1	

$$I_{pi} = 5 \cdot 0.20 + 3 \cdot 0.15 + 5 \cdot 0.20 + 4 \cdot 0.15 + 4 \cdot 0.25 + 5 \cdot 0.05 = 4.3$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \text{ и т.д.} \quad (25)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл. 20) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (26)$$

Таблица 20– Эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Оценка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3
3	Интегральный показатель эффективности	4,3

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. В данном случае имеет лишь один вариант решения задачи. Следовательно предоставленных вариант и предполагается лучшим.

Список литературы

1. Сборник Н.Т. Разработка и совершенствование методов увеличения нефтеотдачи трудноизвлекаемых запасов. Год: 1998 С.76-89.
2. Ахметзянов Р.Р., Самойлов В.В., Жданов О.П., Как повысить коэффициент извлечения нефти без применения традиционных методов увеличения нефтеотдачи пластов//Территория нефтеотдачи.-2014.-№11.- С.56.
3. Harwell M.A., Gentile H. Ecological Significance of Residual Exposures and Effects Oil Spill. – М.: InTech, 2006. – 246 p.
4. Сургучев М. Л., Горбунов А. Т., Забродин Д. П. Методы извлечения остаточной нефти. М.: Недра, 1991, - 347 с.
5. Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. М., Недра, 1985.
6. Филиппов В.П. Применение индикаторного метода по радону для изучения нефтенасыщенности пористых сред. М: ОАО «ВНИИОЭНГ». – 2003. – 272с.
7. Пындак В. И., Киляков В. Н., Солодовников Ю. И. Оценка безопасности радонового индикаторного метода для исследования нефтегазовых скважин // Безопасность труда в пром-сти. - 2005. - N 5. - С. . 44-46.
8. Михайлов Н.Н. Физико-геологические проблемы доизвлечения остаточной нефти из заводненных пластов. Нефтяное хозяйство, 1997/11, стр.14-17
9. Михайлов Н. Н. Остаточное нефтенасыщение разрабатываемых пластов.- М.: Недра.- 1992.- 270 с.
- 10.Иванов М.К., Калмыков Г.А., Белохин В.С., Корост Д.В., Хамидуллин Р.А. Петрофизические методы исследования кернового материала. Учебное пособие в 2-х книгах. Кн. 2: Лабораторные методы петрофизических исследований кернового материала. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008.113 стр., илл., рис. и табл.

11. Березин В.М. Инструкция по определению нефтенасыщенности кернов методом сушки. - Уфа: БашНИПИнефть, 1975.
12. Дьяконов Д.И., Леонтьев Е.И., Кузнецов Г.С. Общий курс геофизических исследований скважин / Издание второе, переработанное. - Москва: «НЕДРА», 1984. - 432 с.
13. Кашковский В.В. Специальный физический практикум: учебное пособие; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 404 с.
14. Еременко Д.О. и др. Е70 Лабораторная работа № 31. Спектрометр гамма-излучения с детектором из сверхчистого германия / Д.О. Еременко, К.А. Кузаков, С.Ю. Платонов, А.В. Сомиков, А.В. Спасский. – М. : Университетская книга, 2015. – 30 с.: табл., ил. – ISBN
15. ГОСТ 12.0.002-80. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.
16. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ Опасные и вредные факторы. Классификация. – М.: ИПК: Изд-во стандартов, 1997 г.
17. Строительные нормы и правила СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78)
18. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99), СП 2.6.1.799-99, Минздрав РФ, 2000.
19. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009), СП 2.6.1. 758-99, Минздрав РФ, 1999
20. ГОСТ 12.1.030-81, Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
21. НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. 31 окт. 1995 г.
22. ГОСТ 12.4.009-83, Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.