

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

Институт Физико-технический
Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии
Кафедра Физико-энергетические установки

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Обеспечение безопасности при обращении с ядерными материалами на исследовательском реакторе

УДК 539.125.5:543.52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2Г	Захаров Алексей Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. ФЭУ ФТИ	Кузнецов Михаил Сергеевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Сечина А.А.	К.Х.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общекультурные компетенции	
P1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
P2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
P3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
P4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
P5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
P6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
P8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
P9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.
P10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.
P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.

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

Институт Физико-технический
Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии
Кафедра Физико-энергетические установки

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ФЭУ

12.05.2016 О. Ю. Долматов

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0А2Г	Захарову Алексею Сергеевичу

Тема работы:

Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	
--	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Активационные детекторы; Требования к методическим указаниям к лабораторным работам.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none">- изучение теоретических сведений об активационном анализе (в частности, НАА);- выбор мишени для проведения экспериментов;- проведение экспериментов и анализ полученных результатов;- разработка методических указаний и подготовка лабораторных работ.

Перечень графического материала	Чертеж экрана-защиты "Экран-1СБ" – обязательный чертеж.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры менеджмента, кандидат химических наук Сечина Ася Александровна
Социальная ответственность	Ассистент кафедры ПФ. ФТИ, кандидат физико-математических наук Гоголева Татьяна Сергеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
нет	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. ФЭУ ФТИ	Кузнецов Михаил Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А2Г	Захаров Алексей Сергеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А2Г	Захаров Алексей Сергеевич

Институт	ФТИ	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Ядерные физика и технологии/ Безопасность и нераспространение ядерных материалов

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	– стоимость материалов и оборудования; – квалификация исполнителей – трудоемкость работы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	– оклады исполнителей
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	– отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	– формирование решений с учетом актуальности, технологического и научного уровней
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	– планирование работ – составление графика проводимых работ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	– обоснование эффективности выполненной работы

Перечень графического материала

отсутствуют

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечина А.А.	К.Х.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А2Г	Захаров Алексей Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А2Г	Захарову Алексею Сергеевичу

Институт	ФТ	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Безопасность и нераспространение ядерных материалов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:	<ul style="list-style-type: none"> - вредные факторы производственной среды: повышенный уровень электромагнитных полей, отклонение показателей микроклимата от оптимальных, ионизирующее излучение от ПЭВМ и источников нейтронов; - опасные факторы производственной среды: вероятность возникновения пожара, вероятность поражения электрическим током.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	<ul style="list-style-type: none"> - электробезопасность; - пожарная безопасность; - радиационная безопасность; - требование охраны труда при работе с ПЭВМ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды:	<ul style="list-style-type: none"> - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью; - предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные).
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности	<ul style="list-style-type: none"> - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ПФ ФТИ	Т.С. Гоголева	К.ф.-М.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А2Г	Захаров Алексей Сергеевич		

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

Институт Физико-технический

Направление подготовки (специальность) 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Уровень образования высшее

Кафедра Физико-энергетические установки

Период выполнения (весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.05.2016	<i>Выдача задания</i>	
19.05.2016	<i>Подготовка к выполнению</i>	
26.05.2016	<i>Проведение экспериментов и анализ полученных результатов</i>	
03.06.2016	<i>Написание методических указаний к выполнению лабораторных работ</i>	
06.06.2016	<i>Сдача работы</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. ФЭУ ФТИ	Кузнецов М.С.			

СОГЛАСОВАНО:

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

РЕФЕРАТ

Дипломная работа состоит из страниц, рисунков, таблицы, приложений, 4 частей, источников.

Ключевые слова: активационный анализ, нейтронный активационный анализ, неразрушающий анализ, лабораторные работы, определение характеристик потока нейтронов, активация золота, активация серебра, активация ртути.

В данной работе предусмотрено проведение экспериментов и написание методических указаний к выполнению лабораторных работ по нейтронному активационному анализу.

Целью бакалаврской работы является разработка комплекса лабораторных работ по нейтронному активационному анализу.

В ходе работы был произведен обзор литературы по теме, выбраны облучаемые мишени и методика проведения экспериментов. Проведены эксперименты с использованием источников нейтронов и средств измерения (бета- и гамма- спектрометры).

Результатом работы являются методические указания к выполнению лабораторных работ по нейтронному активационному анализу.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Office Word 2016.

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СОКРАЩЕНИЙ

НАА – нейтронно-активационный анализ

СИЗ – средства индивидуальной защиты

Оглавление

Реферат	10
Перечень условных обозначений, сокращений	11
Введение.....	14
1 Обзор литературы	16
1.1 Основы нейтронного активационного анализа.....	16
1.1.1 Методы нейтронно-активационного анализа.....	18
1.1.2 Оптимизация основных параметров НАА.....	19
1.2 Источники нейтронов	20
1.2.1 Изотопные источники.....	21
1.2.2 Ускорители как источники нейтронов.....	24
1.3 Регистрация вторичного излучения	26
2 Практическая часть	Ошибка! Закладка не определена. 29
2.1 Используемое оборудование и мишени.....	30
2.2 Определение изотопного состава	31
2.2.1 Естественной смеси серебра	31
2.2.2 Естественной смеси индия	36
2.3 Определение потока нейтронов методом активации образцов золота.....	36
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	40
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	41
3.1.2 SWOT-анализ.....	41
3.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	43
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	43
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	45
3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	46

3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	49
3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	49
3.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	50
3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды	52
3.3.6 Накладные расходы.....	52
3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	52
4. Социальная ответственность	52
4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	52
4.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ	56
4.2.1 Организационные мероприятия.....	56
4.2.2 Технические мероприятия.....	56
4.2.3 Условия безопасной работы.....	57
4.4 Электробезопасность	60
4.5 Пожарная и взрывная безопасность	61
Заключение	63
Список источников	64
Приложение А	65
Приложение Б.....	66
Приложение В.....	67

ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие науки и техники со временем стало выдвигать повышенные требования к точности и чувствительности методам неразрушающего анализа. Одним из ответов на эту проблему стало возникновение и развитие активационного метода анализа – одного из быстро прогрессирующих аналитических методов – основывающегося на успехах целого комплекса наук, связанных с исследованием ядра, ядерных реакций и радиоактивности.

В связи с тем, что ядра большинства элементов легче активируются нейтронами, именно анализ с активацией на них получил большее распространение по сравнению с анализом на других частицах. Значительным толчком к развитию нейтронного активационного анализа послужило появление компактных генераторов нейтронов. С их помощью возможно получить значительно меньшие потоки нейтронов, чем в реакторе, и, как следствие, меньшую чувствительность определения. Несмотря на это, их успешно стали применять при обнаружении и исследовании большинства легких элементов, что повлекло последующее усовершенствование и распространение инструментальных методов нейтронного активационного анализа, обладающих высокими показателями экспрессности и надежности. Вследствие простоты и доступности малогабаритных источников нейтронов они стали повсеместно использоваться в аналитических лабораториях самой разной направленности: от промышленных, до медицинских, биологических, гео- и космохимических и т.д.

Вопрос подготовки высококвалифицированных кадров всегда имел высокую значимость в сфере ядерных технологий. Поэтому важно, чтобы выпускники образовательных учреждений, проходящие профессиональную подготовку в области неразрушающего контроля обладали не только знаниями о проведении исследований образцов с помощью актуальных методов (одним из которых, несомненно, является НАА) анализа, но и имели практические навыки.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка комплекса лабораторных работ по нейтронному активационному анализу, которые могли бы проводиться в рамках подготовки бакалавров по направлению 14.03.02 «Ядерная физика и технологии».

Задачи, решаемые при выполнении дипломной работы:

- изучение теоретических сведений об активационном анализе (в частности, НАА);
- выбрать мишени для проведения экспериментов;
- проведение экспериментов и анализ полученных результатов;
- разработка методических рекомендаций и подготовка лабораторных работ;
- подготовка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» ВКР;
- подготовка раздела «Социальная ответственность» ВКР.

1 Обзор литературы

1.1 Основы нейтронного активационного анализа

Среди методик активационного анализа наибольшее распространение получил метод нейтронного активационного анализа. Он основан, исходя из названия, на активации изотопов элементов нейтронами с последующей регистрацией испускаемого излучения вследствие снятия возбуждения радиоактивными ядрами. Поскольку считается, что нейтроны не имеют заряда, то из-за отсутствия для них потенциального барьера нейтроны даже с малой энергией могут взаимодействовать только непосредственно с самим ядром.

В зависимости от энергии нейтронов при прохождении через вещество они могут испытывать различные виды взаимодействия. Ведущей среди них и наиболее широко используемой при проведении НАА является реакция на тепловых нейтронах, протекающая по механизму (n,γ) . Для большинства элементов она является либо единственной возможной, либо же остальные реакции имеют значительно меньшее сечение взаимодействия. К тому же, после активации образуется радиоактивный изотоп исходного элемента. Все это обеспечивает простоту проведения анализа и его высокую чувствительность. Поэтому в дальнейшем в рамках работы будет использоваться именно она.

При помощи методик нейтронно-активационного анализа могут быть обнаружены практически все элементы, которые являются стабильными либо имеют большие значения периодов полураспада. Исключением являются лишь самые легкие ядра элементов водорода, гелия, лития, бериллия, бора, углерода, азота, кислорода, фтора и неона. В определении же остальных элементов метод выглядит очень выигрышно по сравнению с другими способами анализа. Чувствительность определения некоторых элементов достигает $10^{-9} - 10^{-12} \%$, нижний порог приблизительно равен $10^{-3}\%$, в зависимости от сечения активации.

К сожалению, источники нейтронов, обычно используемые для НАА испускают кроме тепловых нейтронов еще и быстрые. Быстрые нейтроны инициируют реакции (n,p) , (n,α) и другие и их протекание ухудшает условия

и/или затрудняет проведение анализа. Например, эти реакции на сурьме приводят к образованию радиоизотопов олова и индия. На практике же возникает потребность определения примесей олова и индия в сурьме и при этом возникают помехи при радиохимическом выделении этих элементов.

Говоря о преимуществах НАА можно провести его сопоставление с считающимися высокочувствительными методами. Так, если чувствительность атомно-эмиссионного, атомно-абсорбционного и масс-спектральных методов составляет $10^{-3} - 10^{-7} \%$, то нейтронно-активационного – $10^{-5} - 10^{-9} \%$. При этом следует отметить, что использование всех методов, кроме НАА требует проведения «холостого» опыта, ограничивающего чувствительность метода. Во всех неактивационных методах предъявляются жесткие требования к чистоте используемых реактивов, посуды, приборов и самих помещений. В противном случае под внешним воздействием возможно загрязнение проб широко распространенными элементами, такими, как Na, Al, Fe, Cu, Zn и др. Поэтому при использовании неактивационных методов наряду с основными измерениями проводят параллельно контрольный («холостой») опыт, когда без участия исследуемой пробы проводятся все аналитические операции и полученный результат вычитается от результате, полученного с пробой. Отсюда видно, что нельзя определять содержания элемента с концентрациями, меньшими, чем дает «холостой» опыт. Например, если концентрация натрия в использованной кислоте составляет $4 \cdot 10^{-4} \%$, то в пробе нельзя определять концентрации натрия в $3 \cdot 10^{-4} \%$.

В НАА такой проблемы нет, т.к. измеряется не весь натрий, а лишь натрий, содержащийся в пробе и подвергнутый облучению нейтронами. Поэтому в той же пробе, с этими же реактивами можно определять концентрации натрия в $10^{-8} \%$. Чувствительность НАА определяется, в основном, значениями нейтронного потока, массой образца и облучаемого вещества и сечением активации определяемого элемента. Точность метода, составляющая примерно 5-15 % зависит от концентрации (активности) элемента, типа НАА, условий анализа и длительности измерений. Для сравнения: точность

атомно–эмиссионного метода составляет не менее $10^{-15}\%$, атомно-абсорбционного – 2–5% (при использовании пламенного атомизатора – до 30%), в лазерном масс-спектральном методе – 5–10%, в масс-спектральном методе с индуктивно связанной плазмой – 3–7%, в масс-спектральном методе со вторичными ионами может превышать 200%.

Сравнение показывает, что нейтронно-активационный метод по чувствительности превосходит остальные используемые методы, а по точности не уступает им.

1.1.1 Методы нейтронно-активационного анализа

Нейтронно-активационный анализ имеет три основные варианта: инструментальный, радиохимический и с предварительным (до облучения) концентрированием.

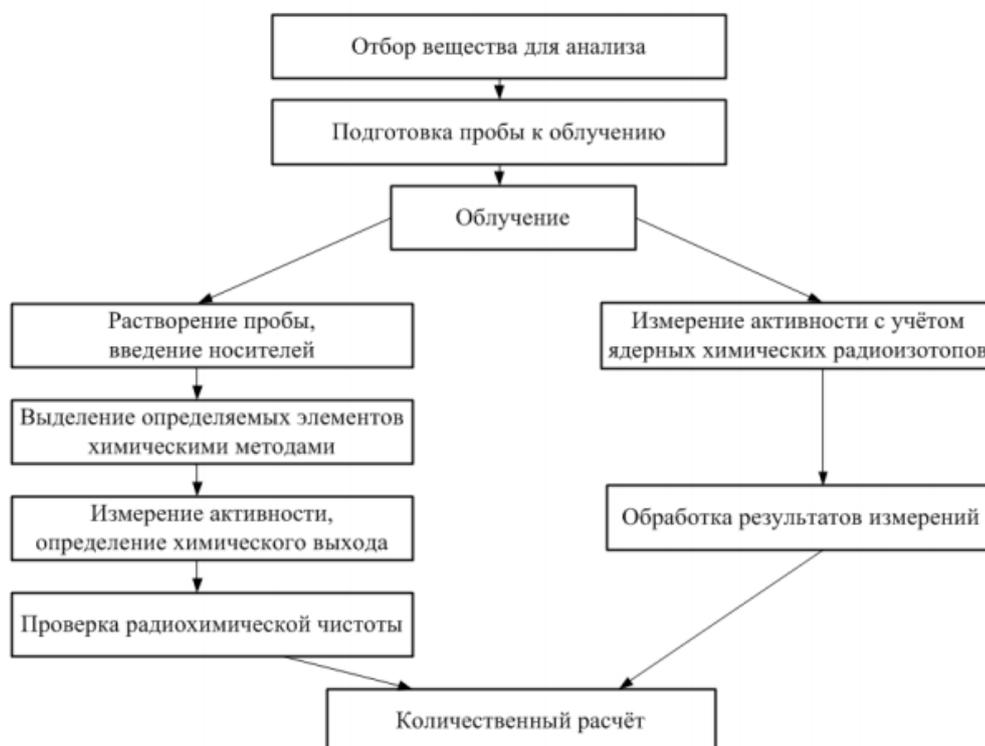


Рисунок 1– Общая схема проведения активационного анализа

Инструментальный вариант основан на непосредственном измерении активности облученной пробы на гамма-спектрометре. Чаще всего его

используют для анализа короткоживущих и слабоактивируемых элементов. Способ является неразрушающим, простой в осуществлении и отличается экспрессностью. Благодаря этому он является более распространенным по сравнению с радиохимическим. В частности объекты минералогии и окружающей среды анализируют этим способом.

Второй и третий способы используют при анализе сильно активирующихся и имеющих большие значения периодов полураспада элементов. При использовании предварительного концентрирования возникает необходимость проведения холостого опыта, в связи с чем этот способ используется довольно редко. Радиохимический метод основан на выделении определяемых элементов химическими методами с дальнейшим определением активности.

1.1.2 Оптимизация основных параметров НАА

На достижение необходимой чувствительности анализа при приемлемом уровне активности оказывают влияния такие параметры, как поток нейтронов, времена облучения и выдержки, масса исследуемого образца, длительность проводимого измерения.

Как уже упоминалось выше чувствительность НАА зависит от потока нейтронов, длительностей облучения и «остывания», массы пробы и длительности измерения. Отсюда видно, что для достижения нужной чувствительности при приемлемом уровне активности необходимо оптимизировать эти параметры анализа. Поток нейтронов и длительность облучения выбираются, в основном, с учетом концентрации определяемого элемента, из сечений активации и периода полураспада соответствующих радионуклидов.

Таблица 1 – Некоторые предельные параметры активационных определений

Метод активации	Φ , частиц/(см ² с)	σ , барн	$\Phi\sigma$	$T_{1/2}=10\text{с}$	$T_{1/2}=1\text{ч}$	$T_{1/2}=3\text{дня}$	$T_{1/2}=1\text{год}$
Тепловые нейтроны	10^{14}	10^4	10^{-6}	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$\lambda\Phi\sigma$	$\lambda \ll \Phi\sigma$
Быстрые нейтроны	10^{10}	2	$2,9 \cdot 10^{-11}$	$2,9 \cdot 10^{-12}$	$1,1 \cdot 10^{-9}$	$7,4 \cdot 10^{-8}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$

При однократном облучении до насыщения в постоянном потоке доля аналитически активных ядер пропорциональна произведению параметров исходного и получившегося изотопов ($\sigma T_{1/2}$). Это свидетельствует о значительной роли сечения и периода полураспада.

Время облучения, при котором будет достигаться максимум активированных ядер можно определить по формуле:

$$t = \frac{\ln \frac{\lambda + \sigma_B \Phi}{\sigma_A \Phi}}{\lambda + \sigma_B \Phi - \sigma_A \Phi}, \quad (1.1)$$

где Φ - значение потока нейтронов;

σ_A и σ_B – сечение активации стабильного и радиоактивного изотопов;

λ – постоянная распада радиоактивного изотопа.

Время выдержки определяется содержанием короткоживущих изотопов в образце, которые могут снизить точность проводимых измерений вторичного излучения. В случае, если таковые отсутствуют, то необходимо стремиться время от окончания облучения до начала проведения измерений сделать минимальным.

1.2 Источники нейтронов

Нейтроны генерируются либо за счет спонтанного деления ядер, либо в результате тех или иных ядерных реакции. Нейтронные источники можно условно разделить на две группы:

— мощные источники нейтронов стационарного исполнения;

— компактные радиоизотопные источники нейтронов.

Первая группа источников нейтронов – ядерные реакторы различных типов и ускорители электронов и ионов, имеющие на выходе мишени, в которых генерируются нейтроны либо в результате ядерных реакций протонов, дейтронов, ядер гелия, либо в результате фотоядерных реакций, возбуждаемых фотонами сравнительно высокой энергии, рождаемыми тормозным излучением ускорителей электронов.

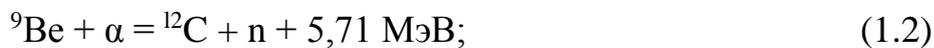
Вторая группа источников нейтронов – радиоизотопные источники, используют (γ, n) и (α, n) ядерные реакции. В таких источниках испускаемые некоторыми нуклидами в результате радиоактивного распада γ -кванты и α -частицы взаимодействуют с ядрами бериллия или тяжелой воды, генерируя нейтроны с разной энергией. Такие источники нейтронов более компактны и могут использоваться в лабораторных исследованиях, т.к. имеют сравнительно небольшие потоки нейтронов и относительно безопасны в работе.

Кроме того, радиоизотопные источники нейтронов имеют простое конструктивное исполнение и могут быть выполнены в виде плоской пластины α -излучателя, покрытой слоем бериллия, либо это может быть слой равномерно размешанного порошка α -излучателя и порошка бериллия. либо это может быть конструкция с дискретно расположенными в бериллиевой матрице дискретными (точечными) α -излучателями.

1.2.1 Изотопные источники

Нейтронные (α, n)-источники со смесью Po-Be и Pu-Be можно считать «чистыми» нейтронными источниками, и они испускают только один γ -квант на один нейтрон. Источники нейтронов со смесью Ra-Be и Am-Be являются одновременно и источниками интенсивного γ -излучения (10^4 - 10^5 γ -квантов на 1 нейтрон).

В лабораторной практике (α , n)-источники нейтронов нашли чрезвычайно широкое распространение. В основном применяются источники с бомбардировкой бериллия α -частицами естественных радиоактивных препаратов, для которых характерны две ветви реакции на бериллии:

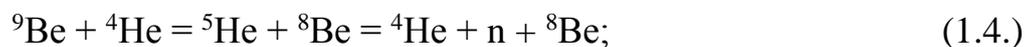


В ветви (1.3) ядро углерода образуется в возбужденном состоянии, которое снимается испусканием фотона с энергией 4,42 МэВ. Высокое значение энергии реакции позволяет получать нейтроны от 7,7 до 10,6 МэВ при использовании α -частиц с энергией от 2 до 5 МэВ. При меньшей энергии сечение реакции уменьшается примерно на два порядка. Следует отметить, что выход нейтронов по второй ветви (1.3) больше, чем по первой (1.2). Для малых энергий α -частиц отношение выходов нейтронов достигает 3.

В лабораторных источниках нейтронов используют α -излучающие нуклиды: радий и его дочерние продукты, полоний и особенно часто плутоний. Как правило, толщина бериллиевой мишени значительно меньше пробега α -частиц. Поэтому реакция с образованием нейтрона может произойти при любой энергии α -частиц ниже энергии, испускаемой ядром. Разработано несколько способов приготовления нейтронных (α ,n)-источников. Например, на платиновую фольгу осаждают полоний, а фольгу вводят внутрь бериллиевого цилиндра. При другом способе приготавливали компактную смесь бромированного радия и порошка металлического бериллия, спрессованную в виде шариков. Следует отметить, что источники первого типа в 3 раза проигрывают по выходу нейтронов, к тому же они анизотропны.

Источники нейтронов на основе радия ($E_\alpha=4,78$ МэВ) обладают высоким и стабильным потоком нейтронов, так как период полураспада радия равен 1622 годам. В генерации нейтронов принимают участие еще четыре дочерних продукта распада радия: ${}^{222}\text{Rn}$ ($E_\alpha = 5,49$ МэВ), ${}^{218}\text{Po}$ ($E_\alpha = 6$ МэВ), ${}^{214}\text{Po}$ ($E_\alpha = 17,68$ МэВ) и ${}^{210}\text{Po}$ ($E_\alpha = 15,3$ МэВ). Выход нейтронов достигает $(1,2-1,7) \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$ на $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк (на 1 г радия).

Энергетический спектр нейтронов непрерывен и имеет сложный характер как из-за непрерывного спектра замедляющихся α -частиц, так и из-за резонансов на уровнях возбуждения составного ядра ^{13}C . Максимальная энергия нейтронов 13 МэВ, средняя энергия 3,2 МэВ. Около 40% нейтронов имеют энергию менее 2 МэВ из-за сопутствующих реакций, идущих при большой энергии α -частиц:



Основной недостаток этого источника - высокий фон γ -излучения. Мощность дозы γ -излучения приблизительно составляет 2-2,5 нГр/с на единичную плотность потока нейтронов ($1 \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{11}$).

Po-Be источники имеют малый выход γ -излучения. На один нейтрон приходится примерно по одному фотону с энергиями 0,85 и 4,42 МэВ. Выход нейтронов достигает 10^{10} с^{-1} на 1 г полония. Спектр нейтронов непрерывный, слабовыраженные пики наблюдаются около 0,8; 2; 3; 5; 7,5; 9,5 МэВ. Максимальная энергия нейтронов 10,9 МэВ, средняя энергия 4,2 МэВ. Недостатком источника является малый период полураспада Po – 138 суток.

Pu-Be источники нейтронов на основе ядерных реакций (α, n) обладают хорошей стабильностью, т.к. период полураспада плутония достигает 24360 лет. Энергия испускаемых α -частиц равна 5,13 МэВ. Для источников на основе сплава Pu и Be поток нейтронов достигает $1,8 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$ на 1 г плутония. Спектр такого источника представлен на рис.2. Максимальная энергия - 10,7 МэВ, а средняя 4,3 МэВ. На один испущенный нейтрон приходится приблизительно трифотона с малой энергией и 0,5–0,8 фотона с энергией 4,42 МэВ.

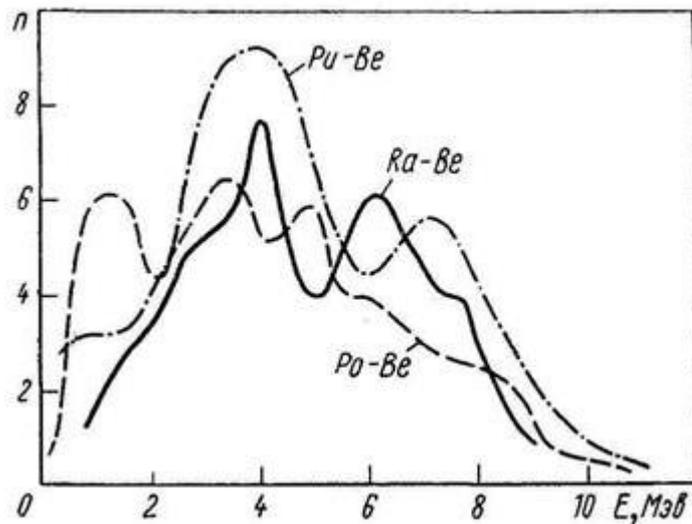


Рисунок 2 – Энергетические спектры (α, n) источников нейтронов

1.2.2 Ускорители как источники нейтронов

В отличие от радиоизотопных источников нейтронов ускорители, как генераторы нейтронов, обладают большей максимальной интенсивностью. Кроме того, с помощью ускорителей могут быть получены моноэнергетические нейтроны практически с любой энергией и с хорошим энергетическим разрешением. В качестве источников нейтронов используются различные типы электронных и ионных ускорителей.

Появление нейтронов при облучении мишени пучком быстрых электронов возможно в результате двухэтапного процесса: образования тормозного γ -излучения и последующей генерации нейтронов в (γ, n) -реакции. Современные ускорители электронов позволяют создать достаточно мощные источники нейтронов. В качестве мишени обычно используют тяжёлый металл: уран, вольфрам или свинец. Поток нейтронов из мишени, в которой образуются и фотоны, и нейтроны, зависит от материала мишени, её толщины, энергии электронов и интенсивности электронного пучка. Для электронов с энергией 30 МэВ выход из толстой урановой мишени приблизительно равен 10^{11} нейтронов/(см²·мкА). Энергия нейтронов зависит от энергии возбуждения ядра. При значительных толщинах мишени спектр нейтронов сдвигается в область малых энергий вследствие вероятности неупругих столкновений.

Нейтроны с определенной вероятностью возникают в любых мишенях, которые облучаются тяжёлыми заряженными частицами. При энергии ускоренных частиц, не превышающих 30 МэВ, самый большой выход можно получить, облучая мишени из лёгких ядер, обычно Li или Be. Таким способом получают интенсивные пучки нейтронов на циклотронах. Например, при энергии дейтрона 24 МэВ полный выход нейтронов, вылетающих под всеми углами из бериллиевой мишени, составляет около $2 \cdot 10^{11}$ нейтронов/(см²·мкА). Обычно используют мишени, толщина которых сравнима с длиной свободного пробега заряженной частицы в материале мишени. В мишени с определенной вероятностью может происходить несколько реакций: (d,n)-, (d,2n)-, (d,pn)- реакции. Кроме того, ядро, как правило, остаётся в возбуждённом состоянии. Эти обстоятельства приводят к формированию непрерывного спектра нейтронов.

Протоны и альфа-частицы, ускоренные на циклотроне используются для генерации нейтронов с энергией в интервале 0,8 – 2 МэВ. С увеличением энергии протонов выход нейтронов резко возрастает. И хотя токи ускоренных протонов на синхроциклотронах примерно на три порядка меньше, чем токи циклотронов, их нейтронные выходы сравнимы, вследствие высокой энергии протонов, которая достигает 500 – 600 МэВ. В спектре нейтронов достаточно четко представлены каскадные нейтроны, которые последовательно выбиваются из ядер протонами высокой энергии, и нейтроны, испускаемые возбужденными ядрами.

Для получения моноэнергетических нейтронов используются (p, n)- и (d, n)- реакции на лёгких ядрах. Необходимое условие генерации нейтронов узкого энергетического интервала заключается в обеспечении малого разброса по энергии пучка заряженных частиц. Поэтому широкое применение в качестве источников заряженных частиц для получения моноэнергетических нейтронов нашли электростатические ускорители типа ускорителей Ван- де-Граафа.

1.3 Регистрация вторичного излучения

Для проведения активационного анализа используется облучение стабильных ядер, в следствие чего происходит образование их радиоактивных изотопов. При снятии возбуждения происходит испускание квантов ядерного излучения. Важным этапом при проведении НАА является регистрация излучения, поскольку от точности определения значений энергий и интенсивностей будет зависеть точность количественного и качественного анализов.

В процессе эволюции методик проведения НАА использовались разные способы регистрации излучения: ионизационные камеры, счетки заряженных частиц, сцинтилляционные, твердотельные и полупроводниковые детектирующие системы.

На заре метода активно использовались счетчики Гейгера и Гейгера-Мюллера для регистрации α и β частиц и γ - излучения, как вторичного β -излучения, которое появлялось в следствии ионизации среды детектора проходящими γ - квантами. Существенным недостатком этих приборов являлась неспособность определения энергии частиц, поэтому приходилось прибегать к трудоемким процедурам радиохимического выделения для получения чистых измеряемых образцов. При качественном анализе использовали значения периодов полураспада. Для этого проводились серии измерений через определенные временные промежутки с последующим сопоставлением значений активностей. В свою очередь это негативно влияло на экспрессность метода и усложняло расчеты при неоднородном исследуемом образце.

При появлению сцинтилляционных спектрометров появилась возможность получения спектров γ - излучения. При попадании фотонов на детектор последний снимал возбуждения испуская световые вспышки, которые были источником фотоэлектронной эмиссии. Значение тока было прямопропорционально энергии гамма-квантов. Но и это тип детекторов не был лишен недостатков: низкое энергетическое разрешение не позволяло в

достаточной степени “отделять” γ -линии друг от друга. Использование дескриминаторов позволяло осуществлять качественный анализ 7-8 элементов.

Значительно повысило качество проводимых измерений и позволило избавиться от недостатков детекторов на базе сцинтилляторов появление полупроводниковых детекторов на базе германий-литиевых, а позже детекторов из чистого германия.

Они обладают хорошей разрешающей способностью, что позволяет определять содержание в образце до нескольких десятков элементов. Поскольку полупроводники обладают хорошими изолирующими свойствами между электродами есть возможность поддерживать высокие значения напряжения.

Полупроводники являются хорошими изоляторами, что позволяет получать высокое напряжение между электродами детектора. Энергия ионизации при выбивании электронов квантами излучения составляет порядка 3,5 эВ, что существенно меньше чем в ионизационных камерах или выше упомянутых счетчиках, а это значит, что ток получаемый в объеме полупроводникового детектора будет значительно больше, что влияет на определение энергий детектируемого излучения.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

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

В ВКР были проведены серии экспериментов, которые станут основой для выполнения лабораторных работ по нейтронному активационному анализу. Для выполнения работы были использованы плутоний-бериллиевый и америций-литиевый изотопные источники нейтронов, циклотрон P7M; измерения проводились на сцинтилляционном бета-спектрометре Аспект Бета-1С, полупроводниковом бета-счетчике Canberra model 7401, спектрометрической системе фирмы Canberra с полупроводниковым HGe гамма-детектором.

Вследствие того, что результаты работы носят образовательный характер не проводилась оценка потенциальных потребителей, поскольку единственными потребителями могут оказаться ВУЗы, осуществляющие подготовку специалистов для атомной, либо пользующихся ее результатами работы отраслей.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта и применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Анализ заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта. В результате составлена итоговая матрица SWOT-анализа (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<ol style="list-style-type: none">1. Актуальность тематики.2. Влияние на квалификацию будущих выпускников3. Использование современного оборудования.4. Средства измерения основаны на разных физических принципах5. Использование инфраструктуры ТПУ6. Возможность использования методического подхода на другие практические работы	<ol style="list-style-type: none">1. Допущения при расчетах и оценках.2. Малое количество облучаемых мишеней3. Небольшое количество измерений.4. Возможность поломки поломки оборудования

Продолжение таблицы 3.1 – SWOT-анализ

<p>Возможности</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Возможность создания на основе результатов междисциплинарного лабораторного информационного комплекса 2. Активизация сотрудничества ВУЗов г. Томска в подготовке специалистов 3. Поддержка атомной промышленности со стороны государства 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка методики проведения типовых процедур, связанных с использованием НАА, которые в дальнейшем могут быть использованы в коммерческих проектах 2. Разработка методической базы и прикладных программ междисциплинарного характера 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проведение измерений большего количества образцов различного типа. 2. Применение аналогичного по типу оборудования. 3. Введение поправок и допущений на последних этапах расчетов.
<p>Угрозы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие спроса на результаты работы. 2. Использование результатов аналогичных экспериментов, проведенных в других учебных заведениях 3. Поломка оборудования и снижение активности источников, используемых для облучения 4. Отсутствие оборудования для измерений в связи с его поломкой. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Использование результатов работы при подготовке студентов на профильной кафедре (ФЭУ) 2. Использование аналогичного оборудования для измерений, работающего на других физических принципах 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Приобретение необходимого оборудования и материалов для проведения измерений. 2. Усовершенствование методики обработки результатов.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научной работы;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований сформирована рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и студент.

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания на НИР	1	Составление и утверждение технического задания	руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	руководитель, студент
	3	Выбор направления исследования	руководитель

Продолжение таблицы 3.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

	4	Календарное планирование работ по теме	руководитель студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Выбор методики проведения экспериментов, необходимых мишеней и источников облучения	Студент
	6	Освоение измерительного оборудования и программных сред	руководитель, студент
	7	Проведение экспериментов	студент
	8	Проведение расчетов и анализ полученных данных	Студент
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	руководитель, студент
	10	Определение целесообразности проведения НИР	руководитель студент
Оформление отчёта по НИР	11	Составление пояснительной записки	студент
	12	Подготовка темы к защите	руководитель студент

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения НИР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, поскольку зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости работ $t_{ож}$ используется формула (0.1):

$$t_{ож i} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (0.1)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p по формуле (0.2) Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i}, \quad (0.2)$$

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

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

3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Так как научная тема является сравнительно небольшой относительно объема работ, наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} , \quad (0.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность одной работы в рабочих днях;
 $k_{кал}$ – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кз}}{T_{кз} - T_{вд} - T_{нд}} , \quad (0.4)$$

где $T_{кз}$ – количество календарных дней в году;
 $T_{вд}$ – количество выходных дней в году;
 $T_{нд}$ – количество праздничных дней в году.

В 2016 году ожидается 247 рабочих дней и 119 дней отдыха. Исходя из этого, коэффициент календарности равен:

$$k = \frac{365}{365 - 119} = 1,47$$

Длительность этапов в календарных днях сведена в таблицу 3.4.

На основе данных табл. 3.4 построен календарный план-график, называемый диаграммой Ганта (табл. 3.5). График был построен с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени преддипломной практики и дипломирования. Работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 3.4 - Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	Трудоемкость работ			Исполнитель	T _{pi} , раб. дн.	T _{ki} , кал. дн
	t _{min} , чел-дни	t _{max} , чел- дни	t _{ож} , чел- дни			
1	4	8	5,6	руководитель	5,6	8
2	12	20	15,2	руководитель, студент	7,6	11
3	2	5	3,2	руководитель	3,2	5
4	2	4	2,8	руководитель, студент	1,4	2
5	4	7	5,2	руководитель, студент	2,6	4
6	5	8	6,2	руководитель, студент	3,1	5
7	13	20	15,8	студент	15,8	23
8	12	16	13,6	студент	13,6	20
9	4	8	5,6	руководитель, студент	2,8	4
10	3	5	3,8	руководитель, студент	1,9	3
11	18	22	19,6	студент	19,6	29
12	7	12	9	руководитель, студент	4,5	7

Таблица 3.5 - Календарный план-график проведения НИОКР

Этапы и подэтапы		Содержание работ	Т _к , кал.дн.	Время выполнения работ								
				Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь				
1	1	Составление и утверждение технического задания	8	■								
2	2	Подбор и изучение материалов по теме	11		■							
	3	Выбор направления исследования	5		■							
	4	Календарное планирование работ по теме	2			■						
3	5	Выбор методики проведения экспериментов, необходимых мишеней и источников облучения	4			■						
	6	Освоение измерительного оборудования и программных сред	5			■						
	7	Проведение экспериментов	23				■					
	8	Проведение расчетов и анализ полученных данных	20				■					
5	9	Оценка эффективности полученных результатов	4					■				
	10	Определение целесообразности проведения НИР	3					■				
5	12	Составление пояснительной записки	29					■				
	11	Подготовка темы к защите	7							■		
Итого дней			121	■	- научный руководитель					■	- студент	

3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_t) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (0.5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Стоимость материалов формируется исходя из цены их приобретения и платы за транспортировку, осуществляемую сторонними организациями. В том случае, если расходы, связанные с доставкой материальных ресурсов для конкретной НИР, незначительны, то их можно опустить. Данная статья включает следующие затраты:

- сырьё, основные и вспомогательные материалы;
- покупные полуфабрикаты и комплектующие изделия;

Таблица 3.6 - Материальные затраты

Наименование	Ед. измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Канцелярские товары (ручка синяя, карандаш, блокнот А5 40листов)	шт.	2	59	118
Жидкий азот	литр	40	30	1200
Халат	шт.	4	667	2668
Итого				3986

3.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

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

$$C_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (3.6)$$

где $Z_{осн}$, $Z_{доп}$ – основная (дополнительная) заработная плата;

Основная заработная плата работника рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (3.7)$$

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (3.8)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (для 6-дневной недели при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца);

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. Дни (табл. 3.7).

Таблица 3.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней	119	119
Потери рабочего времени:		
– отпуск	48	62
– невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	182

Руководителем данной научно-исследовательской работы является сотрудник, который имеет должность старшего преподавателя без научной степени. Оклад старшего преподавателя составляет 16751,29 руб.

Надбавки к заработной плате составляют 30% –1,3 (районный коэффициент для г. Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Расчет основной заработной платы.

Исполнитель	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	16751,29	1,3	21776,67	1138,04	32,7	37213,90
Студент	6976,22	1,3	9096,08	519,6	72,9	37835,10

3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

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.

В соответствии с [] установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании [] для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (3.9)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Отчисления во внебюджетные фонды для руководителя составляют 10047 рублей, для студента – 10215 рублей.

3.3.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (3.10)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы ($k_{\text{нр}} = 16\%$).

3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Руководитель	Студент
Материальные затраты НИИ	3986	
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	37213,90	37835,10
Отчисления во внебюджетные фонды	10047	10215
Накладные расходы	12007,68	
Бюджет затрат НИИ	107318,68	