

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

Физико-технический институт
Направление подготовки - физика
Кафедра общей физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Изучение структуры наноалмазов после циклов сорбции-десорбции водорода электрон-позитронной аннигиляцией

УДК ___666.23-057.15:539.172.2_____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б30	Лю Чао		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Никитина Л.В.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой общей физики	Лидер А.М.	к.ф.-м.н.		

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

Физико-технический институт
 Направление подготовки (специальность) - физика
 Кафедра общей физики

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Лидер А.М.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б30	Лю Чао

Тема работы:

Изучение структуры наноалмазов после циклов сорбции-десорбции водорода электрон-позитронной аннигиляцией
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования являлась структура наноалмазов после циклической сорбции водорода</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Подготовка образцы углеродного материала, содержащего наноалмазы; 2. Измерение водород-сорбционной емкости углеродного материала, содержащего наноалмазы; 3. Применение метода электрон-позитронной аннигиляции для исследования образцов; 4. Анализ полученных данных; 5. Обсуждение результатов; 6. Заключение.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
Социальная ответственность	Волков Юрий Викторович, доцент ЭБЖ ИНК

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Екатерина Валентиновна, доцент МЕН ИСГТ
Иностранный язык	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОФ ФТИ	Никитина Л.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б30	Лю Чао		

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б30	Лю Чао

Институт	Физико-технический	Кафедра	Общей физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	03.03.02 Физика

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Определение стоимости ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых информационных и человеческих</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Знакомство и отбор норм и нормативов расходования ресурсов</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Знакомство с системой налогообложения, со ставками налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет.</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение ресурсной, финансовой, экономической составляющей</i>

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	06.03.2017
---	-------------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б30	Лю Чао		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б30	Лю Чао

Институт	Физико-технический	Кафедра	Общей физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	03.03.02 Физика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	-

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	-
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); 	-

– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	–
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	1. Схема расположения оборудования; 2. План размещения светильников на потолке рабочего помещения.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б30	Лю Чао		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 74 с, 15 рис., 21 табл., 39 источников литературы.

Ключевые слова: наноалмазы, детонационные наноалмазы, метод электрон-позитронной аннигиляции, спектрометрия времени жизни позитронов, время жизни позитронов.

Объектом данного исследования является влияние водорода на структуру наноалмазов.

Целью работы является изучение структуры и пористости углеродного материала, содержащего наноалмазы, после циклической сорбции водорода спектрометрией времени жизни позитронов

Для достижения данной цели сформулированы следующие задачи:

1. Подготовить образцы углеродного материала, содержащего наноалмазы, с различной плотностью и пористостью;
2. Измерить водород-сорбционную емкость углеродного материала, содержащего наноалмазы;
3. Применить ЭПА для исследования образцов до и после насыщения водородом и проанализировать полученные данные.

В процессе исследования проводились измерения спектров времени жизни позитронов. Установлено влияние водорода на наноалмазы.

Степень внедрения: по результатам выполненных исследований сделан доклад на XIV международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук», которая проходила в г.Томске с 25 по 28 апреля 2017 года.

В первой главе описана основная информация о структуре углеродных наноалмазов.

Во второй главе описан процесс электрон-позитронной аннигиляции.

В третьей и четвёртой главе описаны спектрометрия по времени жизни позитронов и анализ экспериментальных данных.

В пятой главе описаны финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение данной работы.

В шестой главе описана социальная ответственность проведенного исследования.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 НАНОАЛМАЗЫ	12
1.1 НАНОАЛМАЗЫ	12
1.2 ДЕТОНАЦИОННЫЕ НАНОАЛМАЗЫ	12
1.3 СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ	13
1.4 ПРИМЕНЕНИЕ НАНОАЛМАЗОВ	14
2 ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИЯ.....	16
2.1 ПОЗИТРОН	16
2.2 АННИГИЛЯЦИЯ	18
2.3 ТЕРМАЛИЗАЦИЯ.....	19
2.4 ДИФФУЗИЯ.....	20
2.5 ЗАХВАТ ПОЗИТРОНОВ	20
2.6 КОМПОНЕНТЫ УСТАНОВКИ.....	21
2.6.1 Источники позитронов	21
2.6.2 Сцинтилляционные детекторы.....	22
2.6.3 Фотоэлектронные умножители.....	23
2.6.4 Время-амплитудный преобразователь.....	23
3 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	24
3.1 СПЕКТРОМЕТРИЯ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ ПОЗИТРОНОВ	24
3.2 ОБРАБОТКА СПЕКТРОВ С ПОМОЩЬЮ LT10	25
3.3 ВРЕМЯ ЖИЗНИ ПОЗИТРОНОВ В НАНОАЛМАЗАХ	26
4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	28
4.1 ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ НАНОАЛМАЗОВ	28
4.2 СОРБЦИЯ ВОДОРОДА ОБРАЗЦАМИ НАНОАЛМАЗОВ.....	29
4.3 АНАЛИЗ СПЕКТРА	32
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	38
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	39
5.1. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	39
5.2. ТЕХНОЛОГИЯ QUAD.....	41
5.3. SWOT – АНАЛИЗ	43
5.4. ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ.....	47
5.4.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	47
5.4.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	48
5.4.3. Разработка графика проведения научного исследования	49
5.5. БЮДЖЕТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ (НТИ)	51
5.6. ОТЧИСЛЕНИЯ ВО ВНЕБЮДЖЕТНЫЕ ФОНДЫ (СТРАХОВЫЕ ОТЧИСЛЕНИЯ).....	55
5.7. НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ.....	56
5.8. ФОРМИРОВАНИЕ БЮДЖЕТА ЗАТРАТ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЕКТА	57
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	58

ВВЕДЕНИЕ	58
6.1 ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	59
6.1.1 Микроклимат.....	59
6.1.2 Электромагнитные поля.....	60
6.1.3 Электрическое напряжение.....	61
6.2 РЕГИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	63
6.3 ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	64
6.4 ОСОБЕННОСТИ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ	65
6.5 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	67
6.6 ВЫВОД ПО СОЦИАЛЬНОЙ ЧАСТИ	70
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	71

Введение

Данная работа посвящена применению электрон-позитронной аннигиляции (ЭПА) для изучения структуры наноалмазов (НА) после циклической сорбции водорода.

Наноалмазы обладают превосходными механическими и оптическими свойствами, высокой удельной площадью поверхности. Они также нетоксичны, что делает их хорошо подходящими для биомедицинских применений. Они нашли применение в таких областях, как тканевая инженерия, биоизображение, доставка лекарств и трибология. Углеродные наноструктуры также рассматриваются как материалы для хранения водорода.

Несмотря на большой объём производства наноалмазов в мире, их нельзя отнести к достаточно и всесторонне изученным наноматериалам.

С целью установления влияния многократных циклов сорбции-десорбции водорода на наноалмазы используется метод электрон-позитронной аннигиляции (ЭПА). ЭПА является уникальным методом для определения дефектов, размера пор и определения влияния водорода на наноматериалы.

Целью работы является изучение структуры и пористости углеродного материала, содержащего наноалмазы, после циклической сорбции водорода спектрометрией времени жизни позитронов.

Для достижения данной цели сформулированы следующие задачи:

1. Подготовить образцы углеродного материала, содержащего наноалмазы, с различной плотностью и пористостью;
2. Исследовать водород-сорбционную способность углеродного материала, содержащего наноалмазы;
3. Применить ЭПА для исследования образцов до и после насыщения водородом и проанализировать полученные данные.

1 Наноалмазы

1.1 Наноалмазы

Наноалмазы представляют собой алмазы размером менее 1 микрометра. Природные наноалмазы могут образоваться в процессе таких воздействий, как взрыв или метеоритные удары [1].

Наноалмазы были впервые получены детонацией в Советском Союзе в 1960-х годах. Советские исследователи начали работать с наноалмазами, чтобы увеличить срок службы танка (военная машина). Но до конца 80-х годов наноалмазы оставались практически неизвестными остальному миру. Затем, начиная с конца 1990-х годов, ряд важных прорывов привел к большему интересу к наноалмазам [2].

Наноалмазы широко применяют в таких областях, как тканевая инженерия, биоизображение, доставка лекарств и трибология. В настоящее время наноалмазы быстро находят свое применение в биомедицине, управлении тепловой энергией в электронике, хранении энергии, дисплеях полевого излучения и других современных приложениях [3].

1.2 Детонационные наноалмазы

Наиболее распространенным способом синтеза порошков наноалмазов является детонационный метод.

Выход алмаза после детонации в решающей степени зависит от условий синтеза и, особенно, от теплоемкости охлаждающей среды в детонационной камере (вода, воздух, углекислый газ и т. д.). Чем выше холодопроизводительность, тем выше выход наноалмазов, который может достигать 90%. После синтеза наноалмаз извлекается из сажи с использованием автоклава, в нем кислота (смесь из концентрированных азотной и серной кислот) кипит в течение длительного периода (приблизительно 1-2 дня).

Кипячение удаляет большую часть металлических примесей, внедренных из материалов камеры, а также неалмазный углерод.

Детонационные зерна наноалмазов в основном имеют алмазную кубическую решетку со структурными несовершенствами. Основными дефектами являются множественные двойники, как это видно из снимка просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения (Рисунок 1) [4, 5].

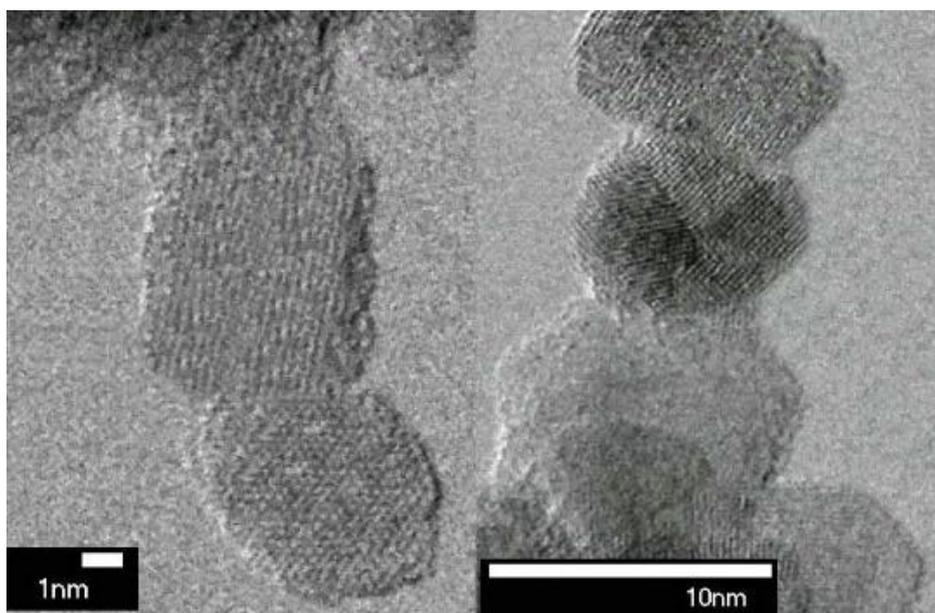


Рисунок 1 - Электронная микрофотография наноалмазов, полученная на просвечивающем микроскопе: слева – наноалмазы, справа – двойники в структуре ядра наноалмаза [5]

1.3 Способы получения

Существует несколько способов получения наноалмазов [6]. Наиболее распространенными являются следующие:

1. Физические методы получения природных алмазов;
2. Синтез при сверхвысоких давлениях и температурах;
3. Электронное и ионно-лучевые методы с использованием облучения углеродсодержащего материала пучками электронов и ионами аргона;

4. Химическое осаждение углеродсодержащих паров при высоких температурах и давлениях;

5. Детонационный синтез;

6. Электрохимическое осаждение на аноде [7].

1.4 Применение наноалмазов

- Катализаторы

Некоторые формы наноалмазов имеют сложную структуру с алмазным ядром и графитоподобной оболочкой с функциональным покрытием на ее поверхности. Необходимо модифицировать и активировать поверхность наноалмазов в каталитических целях. В работе [8] была проведена оценка использования наноалмазов в качестве катализаторов при конверсии CO в CO₂. Как было установлено, добавление наноалмазов привело к ускорению каталитического процесса.

- Присадки к автомобильным маслам

Для смазочных материалов ультрадисперсные алмазы могут давать новый класс добавок, который специально разработан для защиты и восстановления узлов трения в различных механизмах и машинах за счет оптимизации защитных свойств и эффективного срока службы смазочных материалов.

- Гальванические покрытия

Наноалмазы могут использоваться в качестве добавки к металлическим гальваническим покрытиям. Производство композиционных покрытий связано с осаждением наноалмазов размером 4-6 нм и металлов при электрохимическом и химическом извлечении металлов из их солевых растворов. Полученное двухфазное композитное электрохимическое покрытие содержит металлическую матрицу с включенными в нее дисперсными частицами наноалмазов [9]. Это покрытие используется для предотвращения разрушительных эффектов коррозии. Для изделий из железа и стали

гальванические покрытия обычно выбираются из-за их низкой стоимости, простоты в обслуживании, долговечности, устойчивости к коррозии и эстетики.

- Полировальные составы

Порошок наноалмаза широко используется в различных полирующих составах для получения особенно гладких поверхностей. На качество любой наноалмазной порошковой полировальной пасты влияют следующие факторы:

1. Однородность наноалмазного порошка;
2. Высокая концентрация наноалмазного порошка;
3. Распределение частиц порошка с высоким содержанием наноалмаза в матрице;
4. Высокая термостойкость пасты;

- Ультрадисперсный алмаз в медицине

Наноматериалы могут переносить химикаты в клетки, не вызывая отрицательных эффектов. Кластеры наноалмазов окружают лекарства, гарантируя, что они останутся отделенными от здоровых клеток, предотвращая ненужный вред. При достижении намеченных целей, препараты направляются в раковые клетки [10].

2 Электрон-позитронной аннигиляция

2.1 Позитрон

Позитрон — это античастица электрона, позитрон имеет положительный электрический заряд +1, спин 1/2 (такой же, как у электрона) и имеет ту же массу, что и электрон. Дирак предсказал его существование в 1931 году. С тех пор (1932) Андерсон наблюдал его в космических лучах, подтверждая точность пророчества Дирака. Де Бенедетти исследовал, что электрон вошел в вещества материала в 1949. Установлено, что при взаимодействии позитрона и электрона вещества происходит аннигиляция и производится в основном два γ -кванта. Это открытие стало началом исследования аннигиляции позитронов [11].

Существует несколько способов для получения позитронов. Например, из различных распадов, тормозного излучения, или излучений с высокими энергиями. В нашем эксперименте используется радиоактивный изотоп ^{44}Ti . Но, также можно использовать изотоп ^{22}Na , ^{58}Co , ^{57}Ni , ^{68}Ge . Преимущество использования радиоактивного изотопа ^{44}Ti заключается в высоком выходе позитронов, достаточно длительном сроке службы и сравнительно высокой энергии позитронов, которая позволяет исследовать более глубокую часть материала. В Таблице 2.1 представлены характеристики основных изотопов, используемых в мировых экспериментах.

Позитроны возникают в одном из видов радиоактивного распада (позитронная эмиссия), а также при взаимодействии фотонов с энергией больше 1.022 МэВ с веществом. Когда энергия γ -излучения в два раза больше чем энергия покоя электрона ($h\nu > 1.02 \text{ МэВ}$) при его взаимодействии с веществом, происходит аннигиляция электрон-позитронной пары. То есть, γ фотон проходит вблизи атомного ядра, его энергия поглощается и преобразуется в электрон-позитронную пару, как показано в уравнении: $\gamma \rightarrow e^- + e^+$ [12].

Позитроний является лептоном, который участвует только в электромагнитных взаимодействиях. Позитрон является античастицей электрона. Другие свойства позитрона и электрона почти одинаковы (Таблица 2.2).

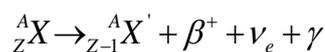
Таблица 2.1 - Характеристики основных изотопов, используемых в мировых экспериментах.

Изотоп	Период полураспада (ч)	Максимальная энергия позитронов (МэВ)	Энергия γ -кванта (МэВ)
^{22}Na	22776	0.54	1.27
^{58}Co	1704	0.47	0.81
^{57}Ni	36	0.58	1.37
^{68}Ge	6696	1.90	1.08
^{44}Ti	411720	1.47	1.16

Таблица 2.2 – Основные характеристики позитрона и электрона

Физическая величина	Позитрон	Электрон
Масса покоя	$9.11 \cdot 10^{-28}$	$9.11 \cdot 10^{-28}$
Спин	1/2	1/2
Электрический заряд	1	-1
Лептонный заряд	-1	1
Магнитный момент	1	-1

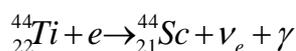
Для экспериментальной реализации чаще всего используется радиоактивные изотопы, в которых осуществляется β^+ - распад. Этот распад имеет следующий вид:



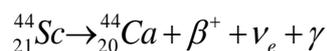
где X – исходный элемент, X' – элемент после распада, A – зарядовое число, Z – массовое число, β^+ – позитрон, ν_e – электронное нейтрино, γ – электромагнитный квант.

В качестве источника позитронов используется радиоактивный изотоп ${}^{44}\text{Ti}$.

Распад изотопа ${}^{44}\text{Ti}$ делится на два процесса, первый процесс – это захват электрона ядром с испусканием нейтрино, γ -квант:



При этом ${}^{44}\text{Ti}$ испускает γ -кванты с энергией 67 КэВ и 78 КэВ. Второй процесс – это β^+ -распад скандия



При этом ${}^{44}\text{Sc}$ испускает позитроны и γ -кванты с энергией 1.16 МэВ.

2.2 Аннигиляция

Взаимодействие частиц и античастиц является процессом аннигиляции. Когда электроны и позитроны сталкиваются, две частицы излучают гамма фотоны. Как показано в уравнении: $e^+ + e^- \rightarrow 2 \gamma$ (на рисунке 2). Это явление называется электрон-позитронной аннигиляцией [13].

При электрон-позитронной аннигиляции происходит испускание двух или трех γ -квантов. Но чаще происходит образование двух γ -квантов. Вероятность появления двух γ -квантов по отношению к трем γ -квантам равна 371:1 [14].

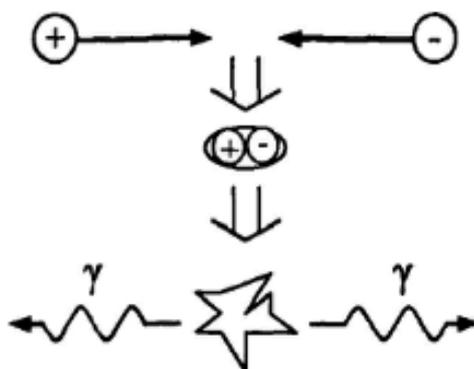


Рисунок 2 - Электрон-позитронная аннигиляция

Позитроний - это простейший водородоподобный атом, в котором позитрон сменил протон. Позитроний в зависимости от взаимной ориентации спинов электрона и позитрона делится на два основных состояния:

1. Синглетное – пара-позитроний, время жизни свободного атома $p\text{-Ps}$ с интенсивностью I_s составляет $1.25 \cdot 10^{-10}$ с. Вероятность образования $p\text{-Ps}$ составляет $\frac{1}{4}$ от суммарной вероятности образования Ps .
2. Триплетное – орто-позитроний, время жизни свободного атома $o\text{-Ps}$ с интенсивностью I_t составляет $1.42 \cdot 10^{-7}$ с. Вероятность образования $o\text{-Ps}$ составляет $\frac{3}{4}$ от суммарной вероятности образования Ps [15].

2.3 Термализация

Термализация – это процесс замедления частицы при падении в твёрдое. При этом процессе позитрон сталкивается с атомами образца и передаёт свою энергию атомам, соответственно энергия уменьшается до тепловых значений $E = kT$, где T – это температура образца, k – это постоянная Больцмана [16]. При высоких энергиях позитрона, потери идут в основном за счет упругого рассеяния позитрона на ионах и неупругого рассеяния на ядрах и электронах вещества [17].

Радионуклид с недостатком нейтронов может β^+ распадаться и испускать позитроны, непрерывно изменяясь. При термализации происходит взаимодействие позитронов с веществом, что приводит к потере энергии [18].

Например, при распаде ^{22}Na получается γ -квант с энергией 554 МэВ. Из уравнения можно найти время термализации позитрона (пс):

$$t_s = 7.7d^{-1}c\left(\frac{E_i}{mc^2}\right)^{1.2},$$

где d — плотность среды, E_i — энергия бомбардирующего электрона, $mc^2 = 0.511$ МэВ.

Время термализации позитрона зависит от его энергии и структуры материала. В общем, обычно считается что, время термализации составляет несколько пикосекунд [19].

2.4 Диффузия

Диффузия является процессом, который происходит после замедления позитронов до тепловых энергий. Время диффузии больше 10^{-10} с, что намного больше, чем время термализации. Исследование этого процесса является особенно важным для выявления микроструктуры материала [20].

Для расчетов могут быть использованы параметры диффузии D^+ из закона Эйнштейна:

$$D^+ = \frac{KT}{m} \times \frac{1}{n \langle E \rangle},$$

где D^+ — коэффициент диффузии, $n \langle E \rangle$ — скорость рассеяния фотонов.

D^+ может быть аппроксимирована с помощью следующей формулы:

$$D^+ = \frac{\pi}{6} \times \frac{esh^3}{\gamma^2 \times m^{2.5}} \times \sqrt{\frac{3}{KT}},$$

где s — скорость звука.

2.5 Захват позитронов

После диффузии у позитронов существует три возможных тенденции [21]:

1. Непосредственная аннигиляция с электронами материала и испускание γ -кванта с энергией 511 кэВ. При этом позитроны не захватываются дефектами.
2. Позитрон захватывается электроном и образуется позитроний (Ps). Ps представляет собой систему, состоящую из электрона и его античастицы - позитрона. Его структура похожа на атом водорода. Разница состоит в том, что его радиус больше, чем у водорода. В зависимости от напряжения спинов пара электрона и позитрона делится на два основных состояния позитрония, как описано выше.
3. Позитроны и позитроний могут быть захвачены дефектами. Состояние позитронов, которые захватываются дефектами, является локализованным состоянием. Локализованное состояние позитронов более стабильное, чем делокализованное состояние, так как имеет меньшую собственную энергию. Переход позитронов из делокализованного состояния в локализованное называется захватом позитронов [22].

2.6 Компоненты установки

2.6.1 Источники позитронов

Источник позитронов обычно имеет β^+ распад радиоактивных изотопов, таких как ^{22}Na , ^{64}Cu , ^{44}Ti и т.д. Характеристики основных изотопов представлены в таблице 1. После того, как из радиоактивных источников в твердый материал эмитируют позитроны ($E < 1$ МэВ), примерно через 1 пс происходит быстрая потеря энергии, она переходит в тепло и происходит замедление позитрона [23].

Радиоактивные источники (РИ) позитронов представляют собой основной канал получения позитронов, там происходит реакция β -распада, как показана на рисунке 3.

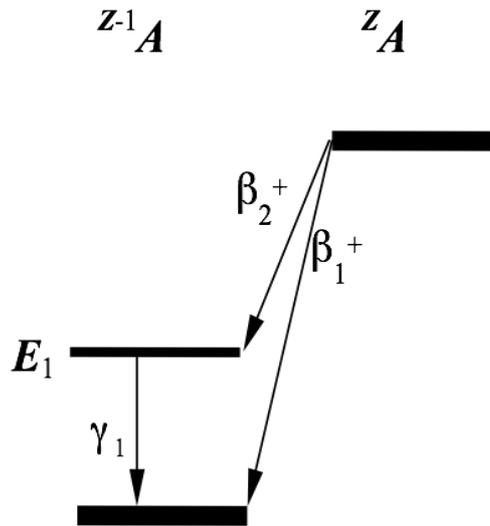


Рисунок 3 - Схема β -распада

2.6.2 Сцинтилляционные детекторы

Сцинтилляционный детектор получает при подключении сцинтиллятора к электронному светочувствительному элементу, такому как фотоэлектронный умножитель (ФЭУ). ФЭУ поглощают свет, испускаемый сцинтиллятором, и «переизлучают» его в виде электронов через фотоэлектрический эффект. Фотоэлектрон приводит к электрическому импульсу, который затем можно проанализировать и получить содержательную информацию о частице, которая первоначально попала в сцинтиллятор [24].

На рисунке 4 показана схема устройства сцинтилляционного детектора.

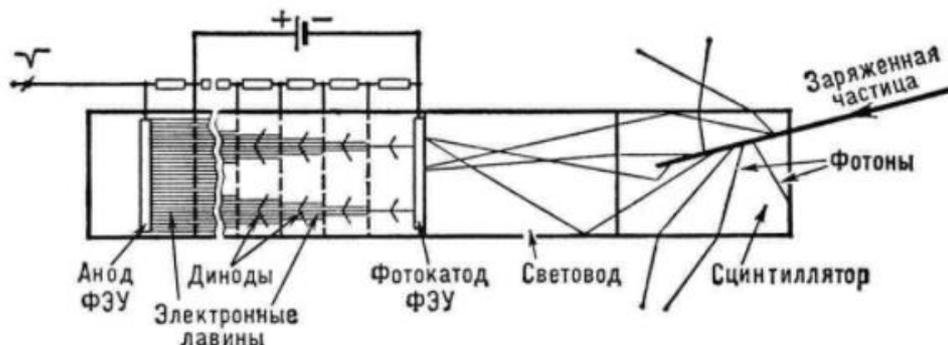


Рисунок 4 - Схема устройства сцинтилляционного детектора.

2.6.3 Фотоэлектронные умножители

Фотоумножители обычно изготавливаются с вакуумированным стеклянным корпусом, содержащим фотокатод, несколько динодов и анод. Падающие фотоны ударяют по материалу фотокатода. Электроны выбиваются с поверхности вследствие фотоэлектрического эффекта. Эти электроны направлены фокусирующим электродом в сторону электронного умножителя, где электроны умножаются на процесс вторичной эмиссии [25].

На рисунке 5 показана схема устройства фотоэлектронных умножителей

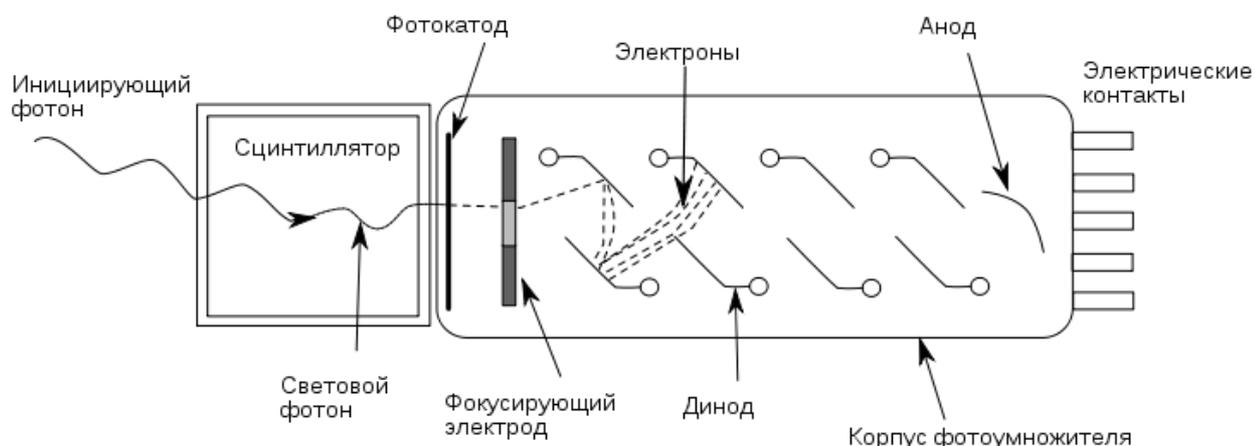


Рисунок 5 - Схема устройства фотоэлектронных умножителей

2.6.4 Время-амплитудный преобразователь

В электронной аппаратуре преобразователь времени обрабатывает сигнал в цифровой и является устройством для распознавания событий и обеспечения цифрового представления времени, в котором они произошли. В электронике время-амплитудный преобразователь (ВАП) - это устройство, обычно используемое для измерения интервала времени и преобразования его в цифровой (двоичный) сигнал. Используя время-амплитудный преобразователь можно превратить время в спектр [26].

3 Методы исследования

3.1 Спектрометрия времени жизни позитронов

Скорость V свободных электронов намного меньше скорости света c в единицу времени при 2γ аннигиляции: $\lambda = \pi r_0^2 c n_e$ (r_0 — радиус электрона, c — скорость света, n_e — плотность электронов, λ — коэффициент аннигиляции). Время жизни

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

Время жизни позитронов τ обратно пропорционально n_e , то есть, чем меньше плотность электронов, тем больше время жизни.

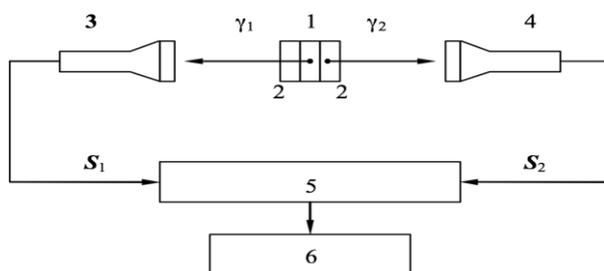


Рисунок 6 - Схема действия спектрометра для измерения времени жизни позитронов

При электрон-позитронной аннигиляции происходит испускание двух или трех γ -квантов. В качестве источника позитронов используется радиоактивный изотоп ^{44}Ti . Сцинтилляционные детекторы регистрируют γ -кванты и эти потоки усиливаются в системных умножителях. Импульсы с детекторов поступают на вход дискриминатор, где осуществляется точная временная привязка и амплитудное разделение сигнала от детектора. «Старт» подается на дискриминатор с энергией 1.16 МэВ. С детектора «стоп» импульсы передаются на другой дискриминатор с энергией 511 кэВ. Чтобы получить спектр распределения времени жизни позитронов, сигнал от время-

амплитудного преобразователя (ВАП) подается на блок многоканального анализатора, состоящего из аналого-цифрового преобразователя [23].

Время жизни позитронов зависит от пространственной плотности электронов. Спектрометрия времени жизни позитронов (СВЖП) может дать информацию о плотности электронов и структурных дефектах [27].

С использованием этого эксперимента можно получить распределение электронов в образце для изучения дефектной структуры образца. Таким образом, может быть предоставлена информация об электронной плотности и структурных дефектах.

Полученные экспериментальные спектры можно описать как

$$y(t) = R(t) * N(t) + B$$

$y(t)$ – экспериментальный спектр, $N(t)$ – теоретический спектр, $R(t)$ – функция разрешения, B – это уровень фона.

Теоретический спектр может быть описан следующими функциями:

$$N(t) = \sum_{i=1}^n I_i \exp(-\lambda_i t)$$

3.2 Обработка спектров с помощью LT10

После того как получены данные. Эти данные можно сформировать как таблицу сигналов. Чтобы настроить спектр с помощью LT10, нужно превратить даты в файл типа .dat с столбцом и нужно добавить индексы для каждого файла.

Потом нужно использовать программу LT10, чтобы найти аннигиляционные характеристики. Программа LT10 основана на нелинейном методе наименьших квадратов и может построить линии между точками с коэффициентами коррелятивности [28].

Из-за хаотичности теплового движения энергия неравномерно распределена между разными атомами. Атомы углерода непрерывно двигаются и обмениваются энергией. Атом углерода может получить энергию от соседних атомов. Так происходит миграция (перемещение) точечных дефектов в объеме кристалла. Последовательные элементарные акты перемещения определённой вакансии осуществляются за счет миграции соседних атомов. Схема такой миграции приведена на Рис. 8. Таким образом, осуществляется миграция дефектов по поверхности наноалмазов, что влияет на временные компоненты позитронной аннигиляции [30]. После добавления водорода, вероятнее всего, этот процесс происходит активнее. Объединяя этот процесс с первой причиной, можно предположить, что происходит зарождение новых пор или увеличение размера существующих пор, что приводит к изменению времени жизни позитронов и это согласуется с нашими результатами.

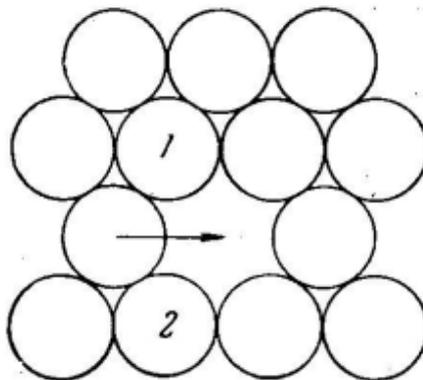


Рисунок 8 - Перемещение атома на вакантное место в слое с плотной упаковкой

4 Экспериментальная часть

4.1 Подготовка образцов наноалмазов

Подготовка образцов для дальнейшего исследования осуществлялась прессованием углеродного порошка на гидравлическом прессе в таблетки массой 0.1 г и диаметром 5 мм при давлении 300-720 МПа. Образцы, полученные в диапазоне 400-620 МПа, наиболее удовлетворяют нашими требованиями. Образцы должны быть достаточно плотными и не разрушаться в процессе эксплуатации. При давлениях выше 620 МПа, наблюдалось разрушение спрессованной таблетки. При давлениях ниже 400 МПа таблетка не уплотняется. Было выбрано три образца при давлениях 400, 560 и 620 МПа соответственно. В таблице 4.1 представлены параметры полученных образцов. На рисунке 9 показана зависимость плотности и пористости образцов от давления.

Таблица 4.1 - Плотность и пористость образцов наноалмазов

Образец	Плотность, г/см ³	Пористость, %
1	1.22	45.8
2	1.32	41.3
3	1.51	32.9

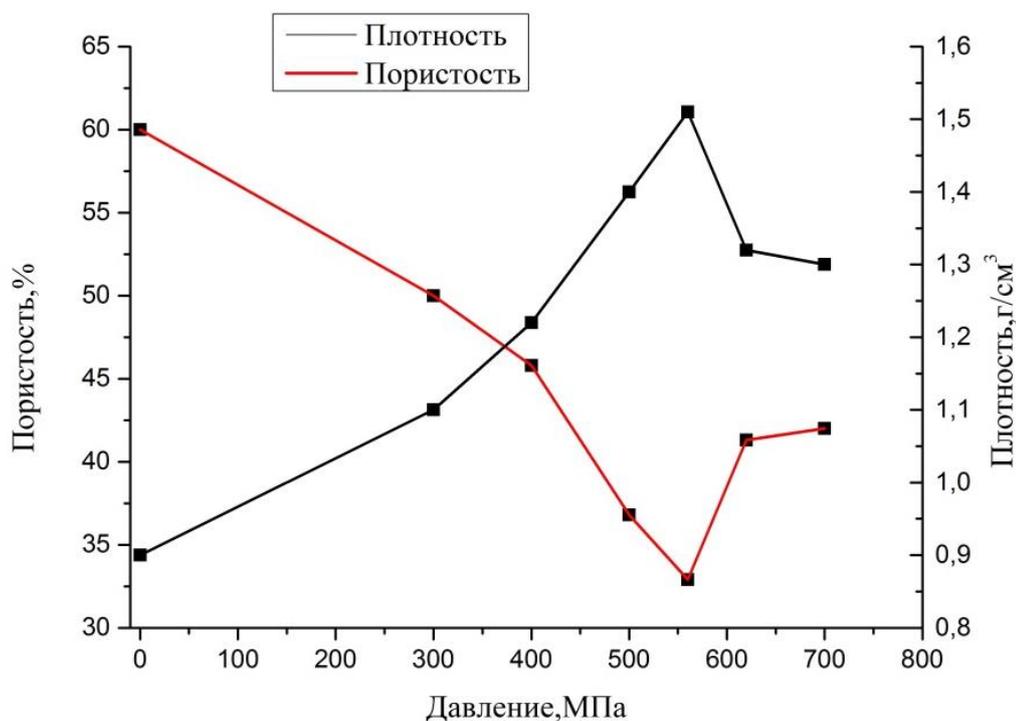


Рисунок 9 - График зависимости плотности и пористости от давления

Первая точка на графике соответствует насыпной плотности $0,9 \text{ г/см}^3$.

Пористость была рассчитана по формуле:

$$K_H = \frac{1 - \rho_1}{\rho_2} \times 100\%,$$

где K_H – пористость, ρ_2 – плотность после компрессии, ρ_1 – насыпная плотность.

4.2 Сорбция водорода образцами наноалмазов

Насыщение образцов водородом осуществлялось на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller фирмы Advanced Materials Corporation. Комплекс оснащен контроллером управления, вакуумной системой, печью и криостатом, генератором водорода и баллоном, реакционными камерами (Рисунок 10).

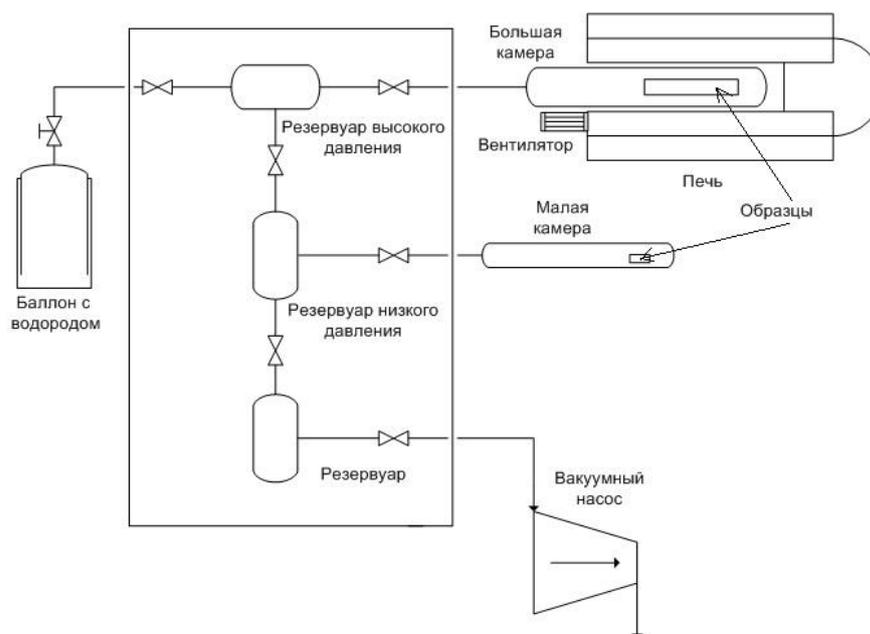


Рисунок 10 - Схема установки «GrcLP»

Молярный объем поглощенного газа может быть найден из его объема, давления и температуры. Хотя закон Менделеева-Клайперона дает хорошее приближение для не экстремально высоких давлений и сверхнизких температур, комплекс запрограммирован на использование расширенного вириального уравнения для лучшей точности:

$$\frac{pV}{RT} = 1 + B(T)\frac{1}{V} + C(T)\frac{1}{V^2} + D(T)\frac{1}{V^3},$$

где $B(T)$, $C(T)$ и $D(T)$ - вириальные коэффициенты второго, третьего и четвертого порядков, зависящие от температуры. Эти коэффициенты рассчитываются из пяти постоянных уравнения Битти-Бриджмана:

$$B(T) = B_0 - \frac{A_0}{RT} - \frac{c}{T^3}$$

$$C(T) = -B_0b + \frac{A_0a}{RT} - \frac{B_0c}{T^3}$$

$$D(T) = \frac{B_0bc}{T^3}$$

Значения коэффициентов для различных газов приведены в таблице.

Комплекс выдает значение абсорбированного водорода в абсолютном (ccstp) и относительном (wt %) значениях.

Таблица 4.2 - Коэффициенты для различных газов.

<i>Gas</i>	A_0	a	B_0	b	c
<i>He</i>	0.0216	0.05984	0.014	0	40
<i>Ar</i>	1.2907	0.02328	0.03931	0	$5.99 \cdot 10^4$
<i>H₂</i>	0.1975	-0.00506	0.02096	-0.04359	504
<i>N₂</i>	1.3445	0.02617	0.05046	-0.00691	$4.2 \cdot 10^4$
<i>CH₄</i>	2.2769	0.01855	0.05587	-0.01587	$12.83 \cdot 10^4$
<i>CO₂</i>	5.0065	0.07132	0.10476	0.07235	$66 \cdot 10^4$

Для исследования углеродных материалов используется реакционная камера высокого давления, выдерживающая до 5 МПа водорода. Генератор водорода позволяет получить водород с давлением 0.8 МПа, вследствие чего равновесное давление устанавливается около 0.6 МПа. Криостат позволяет получить пониженную температуру, тем самым увеличив количество поглощенного образцом водорода.

Перед измерением образцы взвешивались и помещались в камеру, которая вакуумировалась до давления 0.001 МПа. Для исследования использовался режим SOAK, позволяющий отслеживать кинетику сорбции. Поддерживаемое постоянное давление достигает максимального значения 0.6 МПа.

Из графика видно что, концентрация поглощенного образцами водорода составляет (1.20 ± 0.05) масс% для трех образцов. Также было установлено, что емкость не изменяется с увеличением циклов сорбции.

График зависимости концентрации поглощенного тремя образцами водорода от времени представлен на рисунке 11.

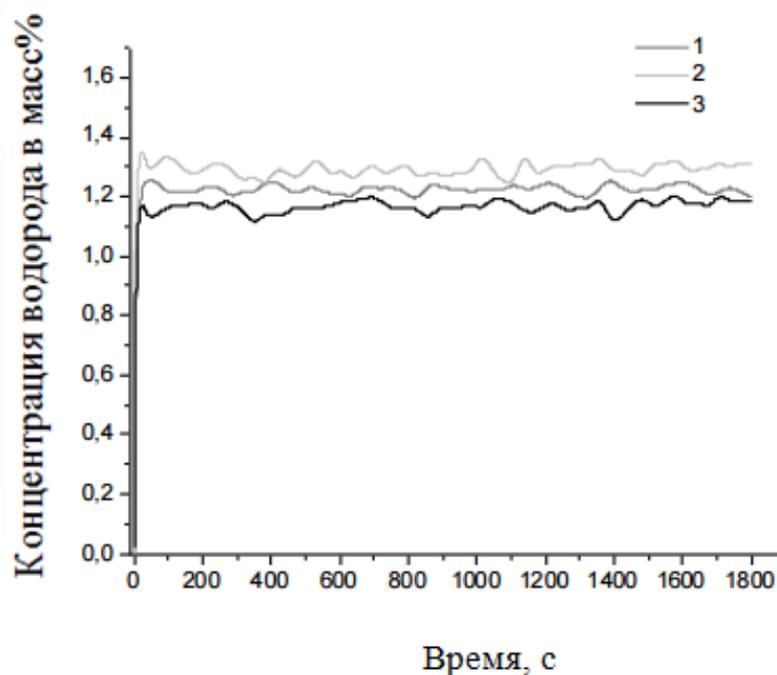


Рисунок 11 - График зависимости концентрации поглощенного образцом водорода от времени сорбции

4.3 Анализ спектра

Для измерения водород-сорбционной емкости и параметров аннигиляции позитронов использовались уплотненные порошки углерода. Для измерения времени жизни позитронов в нанодиамазах используется сэндвич-упаковка образцов. Для этого используется пара плотных таблеток между которыми помещается источник ^{44}Ti , изолированный от образцов каптоном. На рисунке 12 представлен спектр времени жизни позитронов для образцов нанодиамаза.

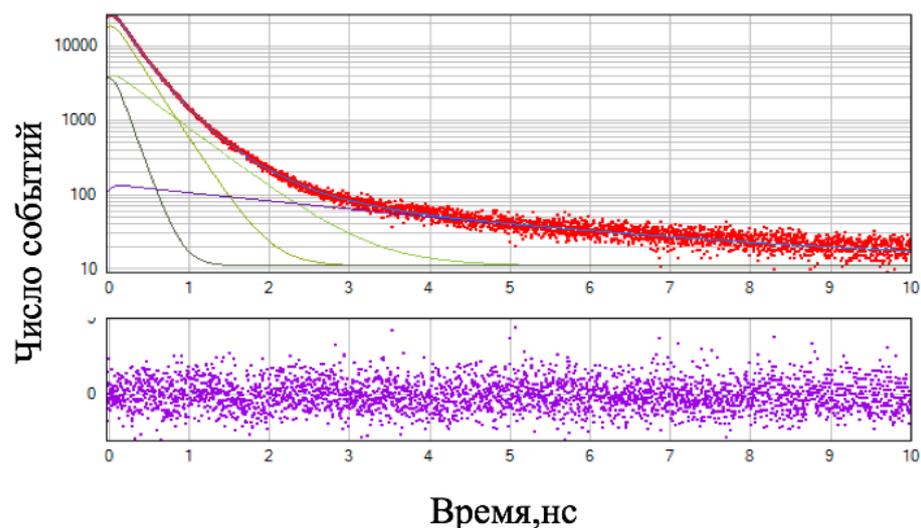


Рисунок 12 - Аннигиляционный спектр образца наноалмазов

При получении спектра, можно анализировать временные характеристики образцов. Результаты обработки спектров представлены в таблице 4.2, 4.3 и 4.4.

Время жизни позитронов зависит от пространственной плотности электронов. Временные спектры позитронов были обработаны по мульти-экспоненциальной модели.

Выше была указана пористость трех образцов 45.8%, 41.3% и 32.9%. Соответствующие времена жизни o-Ps для трех образцов представлены в таблице 4.2 и составляют (3414 ± 25) пс, (3136 ± 25) пс, (2981 ± 25) пс. Долгоживущая компонента τ_3 и ее интенсивность непосредственно связаны с пористостью углеродных образцов, а точнее с количеством пор и их размерами. Как можно видеть из таблицы время жизни уменьшается согласно уменьшению пористости и, соответственно, увеличению плотности углеродных образцов. Интенсивность же долгоживущей компоненты практически постоянна. Также в таблицах 4.3 и 4.4 представлены время жизни позитронов и интенсивность после циклов сорбции водорода образцами, содержащими наноалмазы.

Таблица 4.2 - Результаты обработки спектров временного распределения аннигиляции позитронов для трех образцов без водорода

Образец	Компоненты времени жизни позитронов, пс			Интенсивность компоненты, %		
	τ_1 (пс)	τ_2 (пс)	τ_3 (пс)	$I_1(\%)$	$I_2(\%)$	$I_3(\%)$
1	268 \pm 7	564 \pm 6	3414 \pm 25	69.98	26.52	3.50
2	239 \pm 9	496 \pm 9	3136 \pm 17	71.70	25.30	3.00
3	250 \pm 9	496 \pm 8	2981 \pm 13	71.12	25.28	3.60

Таблица 4.3 - Результаты обработки спектров временного распределения аннигиляции позитронов после циклической сорбции водорода для образца 2

Образец	Компоненты времени жизни позитронов, пс			Интенсивность компоненты, %		
	τ_1 (пс)	τ_2 (пс)	τ_3 (пс)	$I_1(\%)$	$I_2(\%)$	$I_3(\%)$
2	239 \pm 9	496 \pm 9	3136 \pm 17	71.70	25.30	3.00
2 (1цикл)	254 \pm 6	521 \pm 6	3873 \pm 30	72.08	25.19	2.73
2 (2цикла)	262 \pm 1	534 \pm 2	2973 \pm 13	73.27	24.30	2.43

Из таблицы 4.3 значения компонент τ_1, τ_2 увеличиваются при увеличении числа циклов сорбции-десорбции. Такие изменения могут быть связаны с развитой поверхностью наноалмазов и наличием функциональных групп.

Таблица 4.4 - Результаты обработки спектров временного распределения аннигиляции позитронов после циклической сорбции водорода для образца 1

Образец	Компоненты времени жизни позитронов, пс			Интенсивность компоненты, %		
	τ_1 (пс)	τ_2 (пс)	τ_3 (пс)	$I_1(\%)$	$I_2(\%)$	$I_3(\%)$
1	268±7	564±6	3414±25	69.98	26.52	3.50
1(10циклов)	151±8	424±6	2351±44	34.65	60.28	5.07
графит	120±5	422±5	2829±17	25.23	73.46	1.31

Образец 1 был насыщен водородом в течении 10 циклов. Было обнаружено, что после сорбции водорода аннигиляционные параметры этого образца приближены к параметрам графита. Это показывает, что при увеличении циклов сорбции-десорбции водорода, его структура приближена к структуре графита.

Модель Тао – Элдруппа

Аннигиляция позитронов в модели свободного объема впервые была изучена Брандтом в 1960 г. Позднее Тао (1972) и Элдруп (1981) разработали исследование и предложили популярную формулу, которая описывает корреляцию между временем жизни o-Ps и размером пор. Ps ограничен сферической ямой с бесконечно высокими стенками, что дает прямую связь между временем жизни o-Ps и размером отверстий свободного объема. Это может быть выражено количественно следующим уравнением (модель Тао-Элдруппа) [28]:

$$\tau_{o-ps}^{-1} [ns] = \lambda_{o-ps} \left[1 - \frac{R}{R_0} + \frac{1}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi R}{R_0}\right) \right],$$

где R — средний радиус отверстий $R_0 = R + \Delta R$ и $\Delta R = 0.166$ нм ($\Delta R = 0.166$ нм, определенная τ_{ao}).

Стоит упомянуть, в нашем эксперименте $\lambda_{\text{o-PS}} = 2$. Выведено следующим образом:

(Коэффициент аннигиляции)

$$\lambda_{\text{o-PS}} = \tau_{\text{o-PS}}^{-1} = \lambda_{2\gamma} + \lambda_{3\gamma} = \lambda_{2\gamma}(p) + \lambda_{3\gamma}(1-p) = \lambda_{2\gamma}(p)$$

$$\lambda_{2\gamma} = \frac{\lambda_S + 3\lambda_T}{4} \lambda_A = 2 \text{ (нс}^{-1}\text{)}$$

Так как радиус пор < 1 нм пренебрегаем $\lambda_{3\gamma}$.

Модель Тао-Элдруппа может быть применима только тогда, когда размеры пор меньше 1 нм [31]. Чтобы расширить модель Тао-Элдруппа для определения размера пустот больше 1 нм Говорек ввел модифицированную модель аннигиляции захвата с конечными сферическими и цилиндрическими ямами, в которых скорость аннигиляции зависит от состояний o-PS и выражается через функцию Бесселя. Для описания и усреднения по плотным состояниям применялось распределение Больцмана [31].

После насыщения водородом каждого образца и в соответствии с моделью Тао-Элдруппа с помощью программы MatLab был рассчитан средний радиус пор. Радиус пор составил (0.1089 ± 0.0001) нм, (0.1137 ± 0.0001) нм, (0.1139 ± 0.0001) нм, (0.1148 ± 0.0001) нм, (0.1165 ± 0.0001) нм, (0.1188 ± 0.0001) нм, (0.1188 ± 0.0001) нм для каждого образца, соответственно. Эксперимент показывает что, при увеличении циклов сорбции-десорбции водорода до 10, размер пор уменьшается (рисунок 13). Ниже представлен график зависимости размера пор от времени жизни τ_3 .

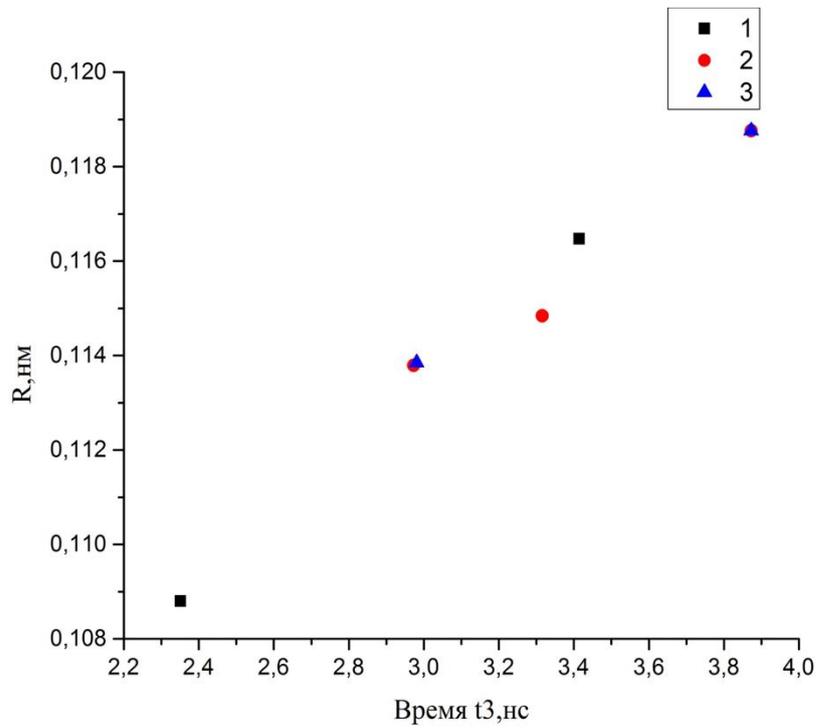


Рисунок 13 - График зависимости размера пор от времени жизни позитронов τ_3

Ниже представлен график зависимости τ_3 от количества циклов сорбции водорода (Рисунок 14).

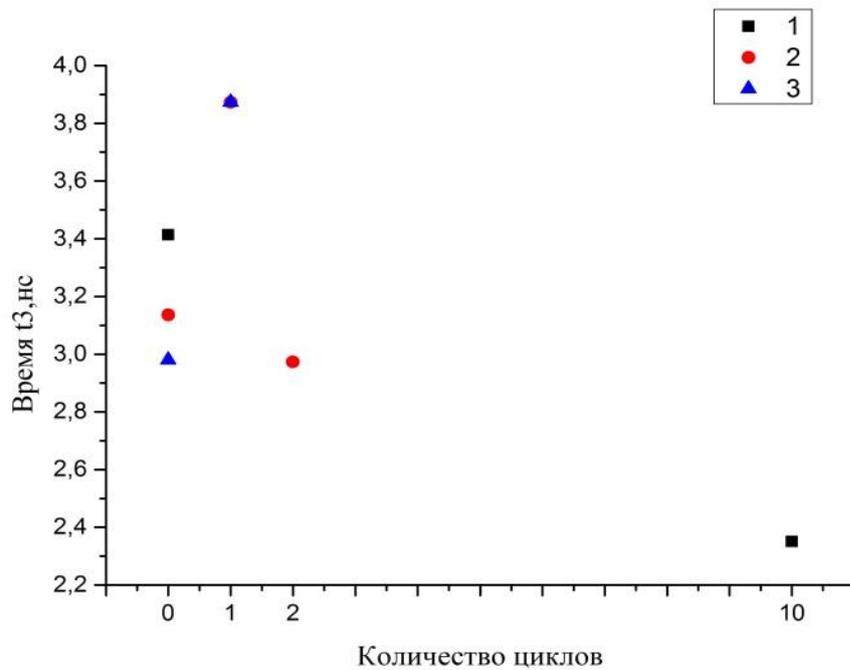


Рисунок 14 - График зависимости τ_3 от количества циклов сорбции водорода

Заключение

1. Незначительные изменения параметров аннигиляции в спрессованных образцах наноалмазов связаны с изменением пористости, а точнее размеров пор;

2. Увеличение циклов сорбции водорода приводит к изменению параметров времени жизни позитронов, стремящихся к параметрам графита;

3. Увеличение циклов сорбции-десорбции водорода до 10 приводит к снижению размеров пор, рассчитанных по модели Тао-Эльдруппа;

Метод аннигиляции позитронов не только позволяет оценивать структуру наноалмазов, но и контролировать ее изменение при водородном циклировании. Изменение количества дефектов и их типов изменяет время жизни позитронов. Изучая параметры позитронной аннигиляционной спектроскопии, можно будет контролировать качество наноалмазов.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Чтобы проанализировать потребителей результатов данного исследования нужно узнать целевой рынок.

Целевой рынок данного исследования – это отрасль, в котором нужно изучать свойства материалов, связанные с дефектами. В условиях слабого рынка ювелирных изделий с бриллиантами, избыточные силы разумно перенаправить на техническое применение алмазов. Специалисты, например из Якутнипроалмаза, способны быстро переориентироваться на нанотехнологии, которые щедро финансируются и в России, и за рубежом.

Наноалмазы обладают превосходными механическими и оптическими свойствами, высокой удельной площадью поверхности. Они также нетоксичны, что делает их хорошо подходящими для биомедицинских применений. Они нашли применение в таких областях, как тканевая инженерия, биоизображение, доставка лекарств и трибология. Углеродные наноструктуры также рассматриваются как материалы для хранения водорода.

Несмотря на большой объём производства наноалмазов в мире, их нельзя отнести к достаточно и всесторонне изученным наноматериалам.

С целью установления влияния водородного циклирования на наноалмазы используется метод электрон-позитронной аннигиляции (ЭПА). ЭПА является уникальным методом для определения дефектов, размера пор углеродных наноструктурных материалов и определения влияния водорода на наноалмазы.

5.2. Технология QuaD

Технология QuaD (QUALITYADVISOR) - это гибкий инструмент для измерения характеристик, характеризующих качество новой разработки и ее перспективы на рынке, и позволяющий вам принять решение о целесообразности инвестирования денег в исследовательский проект.

Показатели для оценки качества и перспектив новой разработки выбираются на основе выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Показатели оценки качества разработки					
1. Надежность	0.2	85	100	0.85	17
2. Время производства	0.1	86	100	0.86	8.6
3. Энергоэффективность	0.2	93	100	0.93	18.6
4. Уровень шума	0.1	100	100	1	10
5. Ремонтопригодность	0.1	90	100	0.9	9
6. Безопасность	0.2	88	100	0.88	17.6
7. Простота эксплуатации	0.1	94	100	0.94	9.4
Итого	1	88.23	100	0.882	90.2
Итого	1	88.23	100	0.882	90.2

Проведем оценку качества и перспективности по технологии QuaD по формуле:

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

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Из проведенных расчетов можно сделать вывод, что разработка считается перспективной.

Помехоустойчивостью обусловлена уязвимость позиции конкурента 1, а надежностью обусловлена уязвимость позиции конкурента 2. Можно увеличить определенную долю данного рынка. Низкий уровень шума – конкурентное преимущество данной разработки.

5.3. SWOT – анализ

SWOT – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ широко применяется при исследовании внешней и внутренней среды данного проекта. Сильные стороны – это факторы, которые характеризуют конкурентоспособную сторону данного проекта. По сравнению с конкурентами мы имеем очень высокие точность и чувствительность, участники данного проекта умеют анализировать полученные результаты с помощью математических методов лучше всех. Слабость – это ограниченность данного проекта, препятствующие достижению его целей. Соответственно простота интерфейса делается плохо. Прямого контакта с источником следует избегать. Возможности я вижу на рынке возможности проникновения в рыке с помощью высокой точности. Благоприятные рыночные возможности состоят в том, что с развитием промышленного общества в рыке требуют материалов, выполняющих определённые условия. Соответственно данный метод даёт возможность исследовать свойства материалов. Отмечены тенденции повышения точности исследования свойства материалов. Угроза – это любая нежелательная ситуация, тенденция или изменение, имеющее разрушительный или угрожающий характер для конкурентоспособности данного проекта в настоящем или будущем времени. При использовании данного прибора нужна радиоактивная защита, которая может вредить проникновению на рынок данного научно-исследовательского проекта.

Он проводится в несколько этапов.

Результаты первого этапа представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2. Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Наличие бюджетного финансирования. С2.Квалифицированный персонал. С3.Наличие необходимых установок для проведения испытаний. С4.Экономичность технологии. С5.Наличие материала для исследований.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1.Большой срок поставок материалов используемых при проведении научного исследования. Сл2.Длительность проведения некоторых исследований. Сл3.Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ. Сл4.Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.</p>
<p>Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2.Повышение производительности В3.Спрос на результаты исследований.</p>		
<p>Угрозы: У1.Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства. У2.Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p>		

Второй этап заключается в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого строится интерактивная матрица проекта (таблица 5.3).

Таблица 5.3. Интерактивная матрица

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	0	+	+	+	0
	B2	-	+	+	-	+
	B3	-	+	+	-	0
Угрозы проекта	У1	+	-	0	0	+
	У2	-	-	-	0	-
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	
	B1	-	0	+	0	
	B2	-	-	-	+	
	B3	-	0	+	-	
Угрозы проекта	У1	+	+	0	-	
	У2	-	-	-	+	

В таблице знак «+» означает сильное соответствие сильных сторон возможностям, знак «-» – слабое соответствие и «0» выражает сомнения в том, что поставить «+» или «-».

На третьем этапе SWOT-анализа строится итоговая матрица (таблица 5.4)

Таблица 5.4. – SWOT анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Наличие бюджетного финансирования. С2.Квалифицированный персонал. С3.Наличие необходимых установок для проведения испытаний. С4.Экономичность технологии. С5.Наличие материала для исследований</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1.Большой срок поставок материалов используемых при проведении научного исследования. Сл2.Длительность проведения некоторых исследований. Сл3.Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ. Сл4.Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.</p>
<p>Возможности: В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. В2.Повышение производительности В3.Спрос на результаты</p>	<p>Наличие необходимых материалов и оборудования, а также персонала в процессе исследований может способствовать повышению производительности в будущем.</p>	<p>Для повышения производительности и спроса на результаты исследований необходимы квалифицированные кадры среди потенциальных потребителей.</p>

исследований.		
Угрозы: У1. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства. У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства.	Основной угрозой является несвоевременное финансирование – может возникнуть нехватка материалов для исследований.	Вследствие несвоевременного финансирования может возникнуть приостановка исследований на некоторое время.

5.4. Планирование научно-исследовательских работ

5.4.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для проведения научных исследований формируется рабочая группа, которая может включать исследователей и преподавателей, инженеров, техников и лаборантов, число групп может быть различным. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. Планирование данного проекта представлено в таблице 5.5

Таблица 5.5 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы данного этапа	№ раб	Содержание конкретных работ	исполнители
Разработка технического задания	1	Выдача технического задания	Научный руководитель
Направления исследований	2	Подбор литературы по теме	Научный руководитель
	3	Выбор конкретного направления исследования	Научный руководитель
	4	Планирование календаря проекта	Научный руководитель
Теоретические исследования	5	Изучение теоретической литературы	Студент
Экспериментальные исследования	6	Подготовить образцы	Студент
	7	Настроить и оптимизировать прибор	Научный руководитель
	8	Измерять время жизни позитронов в образцах	Студент Научный руководитель
Обработка	9	Построить спектр для каждого образца	Студент

результатов	10	Обсуждение результатов	Научный руководитель
			Студент
Оформление отчета	11	Составление отчёта по данному эксперименту	Студент
	12	Проверка отчёта	Научный руководитель

5.4.2. Определение трудоемкости выполнения работ

В большинстве случаев затраты на оплату труда составляют основную часть расходов на развитие, поэтому важным моментом является определение трудоемкости каждого из участников научных исследований. Трудоемкость проведения научных исследований оценивается экспертно в человеко-днях и носит вероятностный характер, поскольку зависит от ряда факторов, которые трудно принять во внимание. Для определения среднего значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

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

где $t_{ожі}$ – это ожидаемая трудоемкость чел.-дн;

$t_{\min i}$ – это минимально возможная трудоемкость чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость.

Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}$$

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

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

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

5.4.3. Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломной работы студенты в основном становятся участниками относительно небольших научных тем. Поэтому построение ленточного расписания для проведения научной работы в виде диаграммы Ганта представляет собой наиболее удобным и наглядным является. Диаграмма Ганта - это горизонтальная ленточная диаграмма, в которой работы по теме представлены длительными промежутками времени, характеризующимися датами начала и конца выполнения этих работ.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k,$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

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

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

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}},$$

где $T_{\text{кг}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вд}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пд}}$ – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22.$$

Тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел. Я необходимо свести в таблицу (табл. 5.6)

Таблица 5.6– Временные показатели проведения ВКР

№ раб .	Исполнители	Продолжительность работ						$U_i, \%$	$\Gamma_i, \%$
		$t_{\text{min}},$ чел-дн	$t_{\text{max}},$ чел-дн	$t_{\text{ож}}$ чел-дн	T_p раб.дн	T_k кал.дн			
1	Руководитель	4	8	5,6	5,6	7	9,33	9,33	
2	Студент Руководитель	15	18	16,2	8,1	10	13,33	22,6	
3	Руководитель	4	9	6	6	7	9,33	32	
4	Руководитель	4	8	5,6	5,6	7	9,33	41,3	
5	Руководитель, Студент	8	15	10,8	5,4	7	9,33	50,6	
6	Студент	7	9	7,8	7,8	9	12	62,6	
7	Студент-	7	12	9	4	11	14,6	77,33	
8	Консультант, Студент	6	9	3,6	1,3	4	5,3	82,6	
9	Студент Руководитель	4	10	6,4	2,1	3	4	86,6	
10	Студент	7	11	8,6	8,6	10	13,3	100,00	
Итого						Руководитель	41		
						Студент	54		

5.5. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и надежное отражение всех видов затрат, связанных с его реализацией..

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi} ,$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, (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.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 5.7

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (зм), руб
Образцы наноалмазов	штук	7	100	700
Источник позитронов	штук	1	3000	3000
Наждачная бумага	м ²	1	100	100
Резиновые перчатки	штук	5	20	100
Итого			3900	

Все расчеты для приобретения специального оборудования и оборудования в организации, но используемые для каждого исполнения конкретной темы, приведены в таблице. 5,8.

Если оборудование специально для проекта не покупается, тогда рассчитывается амортизация оборудования на время проекта. В таблице 5.8

«Расчет бюджета затрат НИИ» учитывается только амортизация

Таблица 5.8 Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Название оборудования	Количество	Цена единицы, тыс. руб.	Общая стоимость тыс. руб.
1.	Детектор сигналов	2	480	960
2.	Крейт	1	60	60
3	Питание	1	200	200
4	Компьютер	1	300	300
Итого:				1520

Амортизация оборудования - $Z_{\text{итого}} = 1520 \times 100 \div 5 \div 6 + 3900 = 8966,67$ руб

Таким образом, Затраты на специальное оборудование для научной (экспериментальной) работы равны 8966,67 руб

Базовая зарплата главы университета (в присутствии руководителя предприятия) рассчитывается по следующей формуле::

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

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

Основная зарплата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборант, инженер) от предприятия (в присутствии руководителя предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

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

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

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

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

Средняя дневная заработная плата рассчитывается по формуле: для руководителя и бакалавра считается отдельно. (Бакалавр берет заработную плату как младший научный сотрудник 1-го уровня)

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

F_d – Фактический годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней

Таблица 5.9 Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер	Лаборант
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней			
- выходные дней	52	52	52
- праздничные дней	14	14	14

- отпуск	48	48	48
Фактический годовой фонд рабочего времени	251	251	251

Таблица 5.10 Расчёт основной заработной платы

Исполнители	k_T	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	1	17000	-	-	1,3	35532	1434	41	37515
Инженер (студент)	1	9893	-	-	1,3	17635	706	54	28728

Таким образом, заработная плата руководителя:

$$\frac{17000 \times 1,3 \times 10,4}{251} \times 41 = 37515 \text{ руб}$$

заработная плата студента:

$$\frac{9893 \times 1,3 \times 10,4}{251} \times 54 = 28728 \text{ руб}$$

5.6. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Сумма отчислений в внебюджетные фонды определяется на основании следующей формулы:

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

где: $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату.

В 2015 году, согласно Федеральному закону от 24 июля 2009 года №212-ФЗ, размер страховых премий составляет 30%. На основании пункта 1 статьи 58 Закона № 212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году, существует льготная ставка в размере 27.1%.

Таблица 5.11 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб
Руководитель	37515
Студент-дипломник	28728
Коэффициент отчислений	0.271
Итого	17951.85

5.7. Накладные расходы

Накладные расходы - затраты на организацию, управление и поддержание процесса производства товаров, услуг; Имеют комплексный характер; Включите различные экономические элементы затрат.

$$Z_{\text{накл}} = 1 \text{ квг/час} \times 5 \text{ час} \times 95 \text{ дней} \times 5.8 \text{ руб квг/час} = 2755 \text{ руб}$$

5.8. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в табл. 5.12.

Таблица 5.12 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование затрат	Стоимость, руб.
1. Материальные затраты НИИ	3900
2. Затраты на амортизацию специального оборудования	8966.67
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	66243
4. Отчисления во внебюджетные фонды	17951.85
5. Накладные расходы	2755
6. Бюджет затрат НИИ	99816.52

6 Социальная ответственность

Введение

Безопасность работника в любой современной предприятии обеспечивается лечебно-профилактической защитой, санитарно-гигиенической, правовой, организационно-технической, социально-экономической. Защита людей – это основа охраны труда. Организационное мероприятие по охране труда должно быть основано на административном, и правоохранительном мере по предотвращению воздействия на человека опасных и вредных факторов производственных сред [32].

Работы проводились на кафедре Общей физики физико-технического института ТПУ. Для выполнения выпускных квалификационных работ на тему «Возможность применения источника позитронов на основе изотопа ^{44}Tl для экспериментов позитронной аннигиляции» проводилось исследование зависимости характеристики энергетического спектра от активности изотопа ^{44}Tl . Основная работа заключается в определении влияния водорода на наноалмазоёй. Следовательно, для разработки комплекса мероприятия технического, организационного, режимного и правового характера, минимизирующих негативные последствия проектируемой деятельности, особое внимание было уделено безопасности и гигиенам труда при осуществлении работ на спектрометрия времени жизни позитронов.

6.1 Техногенная безопасность

Работы установок спектрометров ЭПА осуществлялись путем подачи от сетей переменного тока напряжением 220 В, а экспериментальное исследование проводилось в газообразной среде (гелий, водород). В данном исследовании использованные приборы – это позитронный спектрометр и установка Gas Reaction Controller. Установка Gas Reaction Controller используется для получения исходных образцов с помощью отжига при высокой температуре. Потом измерять времени жизни в исходных образцах с помощью позитронного спектрометра. В данном разделе представлены анализ о безопасности помещения проведения исследования на установке Gas Reaction Controller и позитронном спектрометре и соответственно анализ о защите вредных и опасных факторов. При установках спектрометров ЭПА вы сталкиваетесь с такими вредными факторами, как:

- 1) эргономика;
- 2) шум;
- 3) освещение;
- 4) микроклимат;
- 5) электромагнитные поля.

Возможно воздействие следующих опасных факторов:

- a) эксплуатация газовых баллонов (азот, аргон), работающих под давлением;
- b) воздействие высокой температуры;
- c) электрическое напряжение [33].

6.1.1 Микроклимат

Данный проекта выполнен в подвале третьего корпуса ТПУ. Помещение относится к классу помещений без повышенной опасности. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03, расстояние между рабочими столами оборудованными мониторами, равно 2 м, и расстояние между боковыми поверхностями мониторов равно 1.2 м [34]. В рассматриваемом помещении

данные требования не выполняются, так как расстояние между рабочими столами порядка 0.5 м или же отсутствует вовсе. Расстояние между боковыми поверхностями также соблюдено не везде и составляет меньше установленного.

Основные факторы, характеризующие микроклимат – это подвижность, температура, влажность воздуха. Отклонение этих параметров приводит к снижению производительности труда, ухудшению самочувствия работника и заболеванию. Работа при высокой температуре приводит к потере водорастворимых витаминов и обезвоживанию организма, а также возникает ослабление внимания, и замедления реакции и т.д.

Высокая влажность ведет к переохлаждению или перегреванию. Низкая влажность вызывает неприятные ощущения. Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 оптимальные метеорологические условия влажности, скорость движения воздуха и температуры при разных периоде года представлены в таблице 6.1 [35].

Таблица 6.1 – Оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Параметр	Величина
Холодный	Температура	22...24°C
	Относительная влажность	40...60%
	Скорость движения воздуха	до 0.1м/с
Теплый	Температура	23...25°C
	Относительная влажность	40...60%
	Скорость движения воздуха	0.1...0.2м/с

6.1.2 Электромагнитные поля

Дипломная работа выполнена с применением компьютера. Основной вредный фактор компьютера – это электромагнитное излучение. При работе с компьютером источник электромагнитного излучения – это электрические сигналы цепей. Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряженностей электрического и магнитного полей, потока энергии,

частоты колебаний, размера облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма [34].

Согласно технической спецификации монитора, соответствуют стандарту ТСО'03. Это значит, что напряженность электромагнитного поля вокруг монитора по электрической составляющей в диапазоне частот 5 Гц–2 кГц составляет не более 10 В/м, что соответствует нормам ТСО'03 и СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [35].

Согласно СанПиН 2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ должна быть в следующем пределе:

в диапазоне 2 – 400 кГц – 2.5 в/м.;

в диапазоне 5 Гц – 2 кГц – 25 в/м;

Под вредном воздействию ПЭВМ на организм человека происходит нагрузка на зрение, заболевание кожи лица, нервные и психические заболевания и т.д. Допустимая напряжённость электрического поля: 25 В/м (5Гц-2кГц) и 2,5 В/м (2-400 кГц).

6.1.3 Электрическое напряжение

Воздействия электрического напряжения на людей связаны с протеканием тока. Прохождение тока вызывает у человека повреждение и раздражение различных органов. Пороговый не отпускающий ток является 50 Гц (6-16мА). Для защиты от воздействия электрического тока можно проводить организационные, инженерно-технические и лечебно-профилактические мероприятия.

Путем протекания тока через тело, электрическое напряжения воздействует на человека. Прохождение тока вызывает у оператора возмущение и порчу разных систем организма. Пороговый неотпускающий ток составляет 50 Гц (6-16 мА). С помощью организационных, инженерно-технических и лечебной-профилактических мер можно охранить организм

человека от воздействия электрического тока. Если работник поражает электрическим током, необходимо как можно скорее освободить его от воздействия электрического тока, сразу проверить его состояние и если нужно, вызвать скорую помощь, до приезда которой оказать ему необходимую первую помощь или когда нужно, привозить его в ближайшую больницу или поликлинику, сообщить об этом руководителю.

6.2 Региональная безопасность

Лабораторные работы всегда связаны с постоянными образованиями различных отходов: отходы бумаги, абразивных материалов, технологической оснастки, отходы инструмента и т.д.

При работе с установками спектрометров возможно образование отходов: металл и бумага. Бумага используется для записи результатов экспериментов. Эти отходы могут вызвать загрязнения литосферы. Для охраны подземных и поверхностных вод от истощения и загрязнения, можно использовать бумагу повторно [36].

6.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Чтобы обеспечивать безопасность при работе, необходимо надеть спецодежду правильно, подготовить необходимые инструменты и приспособления для работы, приготовить рабочий стол. Также необходимо проверить отсутствие внешнего повреждения электрооборудований, наличие и исправность сигнальных, измерительных и контрольных приборов, тумблеров, переключателей, компьютеров и т.п. При выявлении неисправности, необходимо доложить руководителю лаборатории.

Работы с установками спектрометров ЭПА должны провести в чистых помещениях, свободном от пара, пыли, кислоты и щелочи, агрессивного газа и других вредных примесей. Недопустимо наличие открытого огня около приборов [37].

После работ с установками необходимо:

Выйти из программ, отключить питание компьютеров;

Закрыть все клапаны контроллеров;

Отключить установки спектрометров ЭПА и насосы от электросетей;

Закрыть вентиль газового баллона;

Проверить целостность и закрепление газового баллона, отсутствие утечки газов [36].

6.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений

- Инженеру, ведущему всестороннюю инженерную работу, следует учитывать 3 уровня социальной ответственности. Ему надо взять социальную ответственность на себя, принимать решения, чтобы соблюдать государственное законодательство и нормативные правовые акты в сфере безопасности жизнедеятельности, защищать окружающую среду и чрезвычайные ситуация. Первый уровень является требованием общества, нижним и базовым, составляет обязательную часть социальной ответственности – это исполнение законов (налоговый закон, трудовой и гражданский кодексы). Вторым является добровольным, т.е. реализовать социальную ответственность ради экономической выгоды. Третий включает в себя все виды социальной ответственности, которые не делают экономическую выгоду своей целью. Для организации, это более высокий уровень осознания своего положения и роли в обществе. Лицам, работающим на суперкомпьютере Cluster должно быть старше 18 лет, они не должны иметь медицинских противопоказаний, и пройти обучение безопасности труда и инструктаж на рабочем месте [38].

Если работник желает самостоятельно работать, ему необходимо пройти специальное обучение и проверку знаний нормы и правил работы с электронными оборудованием, правил безопасности работы с газовыми баллонами. Эти правила позволят работнику приобрести навыки и безопасные способы для выполнения работы на суперкомпьютере Cluster. И он должен иметь не менее II группы по электробезопасности и получить разрешение работать с газовыми баллонами. Повторная проверка знаний норм и правил электробезопасности, правил безопасной работы с газовыми баллонами должно проводиться с работниками не меньше 1 раз в 1 год, повторный инструктаж в помещении – не меньше 1 раза в 1 квартал. Проведение любого инструктажа должно оформляться в журнале

регистрации инструктажа по установленному образцу. В журнале прошедший и проводивший инструктаж обязательно оставляют подпись, нужно указать дату проведения инструктажа, наименование и номера инструкции на виды работ, по которым проводится инструктаж.

6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожар являются одним из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС в процессе эксперимента. Это неконтролируемый процесс горения, который развивается во времени и пространстве и опасный для людей и наносящий материальный ущерб. Пожары на производстве возникают по многим причинам, установление которых составляет основу всех мероприятий по пожарной безопасности. Основные причины возникновения пожара могут быть следующие:

- 1) Нарушение технологических режимов работы оборудования;
- 2) Нарушение порядка хранения пожароопасных материалов;
- 3) Нарушение правил эксплуатации электронного оборудования;
- 4) Неосторожное обращение с открытым огнем, газовыми приборами;
- 5) Самовозгорание веществ и материалов;
- 6) Применение неисправных осветительных приборов;
- 7) Открытый огонь;
- 8) Искры и т.д.

Когда пожар существует в рабочей зоне, пространство можно условно разделить на три вида:

Зона горения. В этой части пространстве протекают процессы испарения горючих веществ, термического разложения и материалов в объеме диффузионного факела пламени. Данная зона может ограничиваться здания, стенками технологических установок. Наличие пламени тлеющих или раскаленных материалов является внешними признаками зоны активного горения.

Зона теплового воздействия - это пространство вокруг зоны горения, в котором температура в результате теплообмена достигает значений, вызывающих разрушающее воздействие на окружающие предметы и опасных для человека.

Зона задымления - это часть пространства, которая примыкает к зоне горения и заполняется дымовыми газами в концентрациях, создающих видимость предметов на уровне 6-12 м, концентрация кислорода составляет не менее 17%. Это пространство не представляет опасности для людей.

Пожарная профилактика основана на устранении благоприятных условий возгорания. Для защиты от пожаров необходимо решить четыре задачи: предотвращение пожаров и защита людей и материальных ценностей, предотвращение возгорания, локализация возникших пожаров, тушение пожара. Предотвращение пожара достигается за счет исключения легко воспламеняемых источников и предметов возгорания, а также поддержанием среды в условиях, препятствующих возгоранию.

Плотность размещения элементов электронных схем в современных ЭВМ очень высокая. Соединительные провода, коммутационные кабели, элементы электронных микросхем располагаются в непосредственной близости друг от друга. При протекании по ним электрического тока выделяется определенное количество теплоты, который может увеличить температуру до 80 – 100 °С. Это возможно расплавить изоляции, и в результате привести короткое замыкание. Используйте внутренние вентиляторы для защиты избыточной теплоты в ЭВМ.

Напряжение к электроустановкам подается по кабельным линиям и также является причиной возникновения пожарной опасности. Особенности выполняемых в них технологических процессов определяют пожарную опасность производственных зданий и помещений.

Пожарные стволы, сухой песок, внутренние пожарные водопроводы и огнетушители часто используются для тушения пожара. В случае опасности повреждения или полного выхода из строя дорогостоящего оборудования, необходимо исключить использование воды. Если есть возможность, необходимо защитить компьютеры от влаги.

Отделы ПЭВМ играют главную роль для защиты от пожаров на начальных стадиях. Они высокоэффективные и могут сохранять электронные оборудовании.

Благодаря диэлектрическим свойствам углекислого газа, когда пожар существует в помещении, если не может удасться обесточить электроустановку сразу, можно использовать эти огнетушители, чтобы безопасно.

Для предотвращения возникновения пожара проводятся специальные семинары с работниками здания, где они знакомятся с основами пожарной безопасности и обучением при работе с первичными средствами пожаротушения.

План эвакуации изображает на рисунке 15:



Рисунок 15 – План эвакуации при пожаре

6.6 Вывод по социальной части

Социальная ответственность проявляет тесную взаимосвязь между лицом (работодателем) и обществом (работником), такая взаимосвязь характеризуется взаимными правами и обязанностями по соблюдению социальных норм и применению мер, когда ее нарушают. На основе анализа безопасности во время работы, очевидно, что студенты, в качестве будущих руководителей должны нести социальную ответственность за принимаемые решения.

Список литературы

1. Байдакова М.В., Вуль А.Я., Ситклицкий В.И., Фалеев Н.Н. //ФТТ, 1998,Т.40.№4, С.776.
2. Ставер А.М., Губарева Н.В., Лямкин А.И., Петров Е.А.// Физика горения и взрыва, 1984, 20, С.100.
3. Долматов В.Ю. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза. Получение, свойства, применение. — СПб.: СПб ГПУ, 2003. — 344 с.
4. Chen, P. Characterization of the condensed carbon in detonation soot / P. Chen, F. Huang, S. Yun // Carbon. 2003. - V.41. - P.2093-2099.
5. Greiner N. Roy. Diamonds in detonation soot / N. Roy Greiner, D. S. Phillips, J. D. Johnson, F. Volk // Nature. — 1988. — №.333. — pp. 440–442
6. Верещагин, А.Л. Строение алмазоподобной фазы углерода детонационного синтеза / А.Л. Верещагин, Г.В. Сакович, П.М. Брыляков, И.И. Золотухина, Л.А. Петрова, Н.Н. Новоселов // ДАН СССР. 1990. -Т.314. №4.с.866-867.
7. Долматов В. Ю., Веретенникова М. В., Марчуков В. А., Суцев В. Г. Современные промышленные возможности синтеза наноалмазов. Физика твердого тела, 2004, Т. 46, №4. - С. 596—600
8. Верещагин А. Л. «Наноалмазы — первичное состояние углерода во Вселенной»
9. H.Vereschagin, A.L. Properties of ultrafine diamond clusters from detonation synthesis / Vereschagin A.L., Sakovich G.V., Komarov V.F., Petrov E.A. // Diamond and Related Materials. 1993. - №3. - С. 160-162.
10. Губаревич, Т.М. Особенности элементного состава углеродных продуктов детонационного синтеза / Т.М. Губаревич, Л.С. Кулагина, И.С. Ларионова // V Всесоюзн. Собрание по детонации: Сборник докладов. - Красноярск. 1991. - Т. 1. - С. 130-134.

11. Berko S., Brandt W., Dupasquier A. Positron Solid State Physics //Proc. Int. School Phys. Enrico Fermi Course. – 1983. – Vol. 83. – P. 76.
12. Xiong K., Robertson J. Hydrogen-induced defects and degradation in oxide ferroelectrics //Applied physics letters. – 2004. – Vol. 85. – P. 2577.
13. Графутин В.И., Прокопьев Е.П. Применение и развитие методов позитронной аннигиляционной спектроскопии для определения природы, концентраций и размеров нанобъектов в пористых системах, дефектных материалах и наноматериалах.
14. Kong Wei. Positron annihilation multi-parameter measurement system development // PhD thesis (China University of Science and Technology), 2004
15. Jakub C zek : Investigation of Crystal Lattice Defects in Deformation and Irradiation Damaged Solids by Means of Positron Annihilation, Prague(2001).
16. В.А. Вольпяс, А.Б. Козырев Термализация атомных частиц в газах // ЖЭТФ. 2011, Т. 140, Вып. 1(7), С. 196 – 204.
17. Mozumber A. // J. Chem. Phys. 1981. Vol. 74 (12). P. 6911–6920
18. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика. М.: Наука, 1979. 527 с.
19. Ахиезер А.И., Пелетминский С.В. Методы статистической физики. М.: Наука, 1977. 384 с.
20. Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г., Физика полупроводников, М., 1977; Зеегер К., Физика полупроводников, пер. с англ., М., 1977.
21. Шендрик Р. Ю. Механизмы переноса возбуждения в кристаллах щелочноземельных фторидов, активированных ионами церия и празеодима: Дис. канд. технич. наук: 01.04.07/ Шендрик Роман Юрьевич; Учреждение Российской академии наук Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения РАН. -Иркутск, 2011. - 147с.

22. Krause–Rehberg R., Leipner H. S. Positron annihilation in semiconductors: defect studies. – Springer, 1999. – 324 p.
23. Лаптев Р.С. Разработка метода аннигиляции позитронов для контроля дефектной структуры в системах металл-водород. Томск-2014-Диссертация-стр.31-32.
24. Графутин В.И., Прокопьев Е.П. Применение позитронной аннигиляционной спектроскопии для изучения строения вещества. // Успехи физических наук, 2002, 172 (1), 67–83.
25. Волков Н.Г. Христофоров, В.А. Ушакова Н.П. Методы ядерной спектрометрии. Учебное пособие - Энергоатомиздат, 1990, 255 с.
26. Трошин В.С. Характеристики радионуклидов для градуировки гамма-спектрометров: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 104 с.
27. K. Ito, H. Nakanishi, Y. Ujihira, (1999), 'Extension of the equation for the annihilation lifetime of o-Ps at cavity larger than 1 nm in radius', Journal Physical Chemistry B, Vol. 103, pp.4555-4558;
28. Бордулев Ю. С., Лаптев Р. С., Гаранин Г. В., Лидер А. М. Оптимизация параметров спектрометра для исследования времени жизни позитронов в материалах // Современные наукоемкие технологии. - 2013 - №. 8-2. - С. 184-189
29. Osawa. In Proceedings of the NATO ARW «Synthesis, Properties and Applications of Ultrananocrystalline Diamond». Springer-Verlag, Dordrecht, 2004. P. 231.
30. Курихина Т. В. Симонов В. Н. Анализ кинетики фазовых превращений в неравновесных твердых растворах систем: Fe-2Cr (ат. %), Fe-4 Cr (ат. %), Fe-24Cr (ат.%) // Наука и образование, 2013, 669-1.

31. T. Goworek, K. Ciecieski, B. Jansiniska, J. Wawryszczuk (1997), 'Positron in lager void Silicagel', Chemical Physics Letters, Vol. 272, pp. 91-95;
32. Осетров Г.В.. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. - М.: Книжный мир, -232 с.. 2011
33. Охрана окружающей среды/ Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1991. – 319 с.
34. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда)/ Кукин П.П., Лапин В.Л., Подгорных Е.А. и др. – М.: Высшая школа, 1999. – 318 с.
35. Белов С.В., Девясилов В.А., Козьяков А.Ф. и др. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Высшая школа, НМЦ СПО, 2000. – 343 с.
36. Атаманюк В.Г., Ширшев Л.Г., Акимов Н.И. Гражданская оборона. – М.: Высшая школа, 1987. – 287 с.
37. Ковалев А. В. Исследование процесса плазменной утилизации горючих отходов переработки отработавшего ядерного топлива.
38. Маркеева Т.П. Абрамкина Н.Г. Методические указания по выполнению организационно-экономической части дипломного проекта для студентов специальностей