

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки – Материаловедение и технологии материалов  
 Отделение (НОЦ) – Отделение материаловедения

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Получение бинарных оксидных наногетероструктур для альтернативных источников энергии</b>

УДК: 544.77.051.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б82	Ли Сяоянь		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ	Ан В.В.	Д.Х.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук И.В.	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А.И.	Д.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Лямина Г.В.	К.Т.Н.		

Томск – 2022 г.

## Планируемые результаты обучения ООП

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
<b>УК(У)-5</b>	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях
<b>ОПК(У)-3</b>	Готов применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности
<b>ОПК(У)-4</b>	Способен сочетать теорию и практику для решения инженерных задач
<b>ОПК(У)-5</b>	Способен применять в практической деятельности принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов
<b>ПК(У)-2</b>	Способен осуществлять сбор данных, изучать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию по тематике исследования,

	разработке и использованию технической документации, основным нормативным документам по вопросам интеллектуальной собственности, подготовке документов к патентованию, оформлению ноу-хау
<b>ПК(У)-3</b>	Готов использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов
<b>ПК(У)-4</b>	Способен использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
<b>ПК(У)-5</b>	Готов выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации
<b>ПК(У)-6</b>	Способен использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано- структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями
<b>ПК(У)-7</b>	Способен выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов
<b>ПК(У)-8</b>	Готов исполнять основные требования делопроизводства применительно к записям и протоколам; оформлять проектную и рабочую техническую документацию в соответствии с нормативными документами
<b>ПК(У)-9</b>	Готов участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами
	<b>Профессиональные компетенции университета</b>
<b>ДПК (У)-1</b>	Способен применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов
<b>ДПК (У)-2</b>	Готов реализовывать технологии производства объемных наноматериалов и изделий на их основе, включая технологии получения и предварительной подготовки сырья

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки – Материаловедение и технологии материалов  
 Отделение (НОЦ) – Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

Г.В.Лямина

\_\_\_\_\_  
 (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
154Б82	Ли Сяоянь

Тема работы:

Получение бинарных оксидных наногетероструктур для альтернативных источников энергии

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Приказ № 32 -49/с от 01.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:

08. 06. 2022

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	Цель работы – изучить методы получения и исследования свойств перспективных материалов для альтернативных источников энергии на основе бинарных оксидных наногетероструктур
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Получение и исследование свойств бинарных оксидных гетероструктур. Литературный обзор. 2. Методы получения и исследования свойств бинарных оксидных гетероструктур. Методологическая часть. - метод электроискровой эрозии - рентгенофазовый анализ - рамановская спектроскопия - просвечивающая микроскопия
<b>Перечень графического материала</b>	Графики, рисунки, используемые в бакалаврской работе

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук И. В. Доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Сечин А.И. Доцент ООД ШБИП
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:</b>	
На русском языке: литературный обзор, методика эксперимента, результаты и их обсуждение, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность.	

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

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор НОЦ Н.М. Кижнера	Ан В.В.	д.х.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
154Б82	Ли Сяоянь		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
154Б82	Ли Сяоянь

<b>Школа</b>	Инженерная школа новых производственных технологий	<b>Отделение Школа</b>	<b>ОМ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	22.03.02 Материаловедение и технологии материалов

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
<i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>
<i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
<i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i>

**Перечень графического материала**

Оценка конкурентоспособности ИР Матрица SWOT Диаграмма Ганта Бюджет НИ Основные показатели эффективности НИ
---

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук И. В.	к.т.н доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
154Б82	Ли Сяоянь		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
154Б82	Ли Сяоянь

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОМ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

**Получение бинарных оксидных наногетероструктур для альтернативных источников энергии**

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p><b>Введение</b></p> <p>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p><i>Объект исследования:</i> бинарные оксидные наногетероструктуры (<math>Ga_2O_3-ZnO, CuO-ZnO</math>).</p> <p><i>Область применения:</i> альтернативные источники энергии.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лаборатория ТПУ (ауд. 039 10 корпуса).</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 8 м x 4,5 м x 3 м.</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> просвечивающий электронный микроскоп, романовский спектрометр.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> анализ размера и формы наночастиц, изучение оптических свойств материала.</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <p>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Специальные: должностная инструкция работника. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 02.12.2019). ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979). ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <p>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p><i>Вредные производственные факторы:</i> шум на рабочем месте, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны.</p> <p><i>Опасные производственные факторы:</i> электрический ток.</p> <p><i>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</i> противошумные наушники, вентиляция, кондиционирование воздуха, перчатки, респираторы.</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b></p>	<p><i>Воздействие на селитебную зону:</i> отсутствует.</p> <p><i>Воздействие на литосферу:</i> твердые отходы.</p> <p><i>Воздействие на гидросферу:</i> остатки оксида цинка, смываемые с оборудования.</p> <p><i>Воздействие на атмосферу:</i> испарение оксида галлия и оксида цинка.</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b></p>	<p><i>Возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения:</i> авария, взрыв, загрязнение атмосферы отравляющими веществами.</p> <p><i>Наиболее типичная ЧС:</i> пожар в помещении лаборатории.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А.И.	Д.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б82	Ли Сяоянь		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки – Материаловедение и технологии материалов  
 Отделение (НОЦ) – Отделение материаловедения  
 Уровень образования – Бакалавриат  
 Период выполнения – Весенний семестр 2021/2022 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06. 2022 г.
--	----------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.03.2022	Литературный обзор	20
15.04.2022	Экспериментальная часть	20
30.05.2022	Обсуждение результатов и оформление работы	35
28.05.2022	Финансовый менеджмент	15
01.06.2022	Социальная ответственность	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ Н.М. Кижнера	Ан В.В.	Д.Х.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Лямина Г.В.	к.т.н., доцент		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа: 90 с., 35 рис., 13 табл., 34 источников.

Выпускная работа посвящена комплексному изучению бинарных оксидных материалов для альтернативных источников энергии. Объектом исследования являются бинарные оксиды на основе оксида цинка, галлия и меди.

**Цель работы** заключается в изучении методов получения и исследования свойств перспективных материалов для альтернативных источников энергии на основе бинарных оксидных наногетероструктур.

Результаты исследований показывают, что возможно получение бинарных оксидных материалов на основе различных оксидов, включая оксиды цинка, галлия и меди.

**Область применения:** производство фотоанодов для фотоэлектрохимических ячеек.

**Ключевые слова:** наноструктуры, бинарные оксидные материалы, оксид галлия, оксид цинка, альтернативные источники энергии, фотоэлектрохимические ячейки.

## Список сокращений

ПЭМ – просвечивающий электронный микроскоп;

РФА – рентгенофазовый анализ;

РСА – рентгеноструктурный анализ;

ЭИЭ - электроискровая эрозия

РС – рамановская спектроскопия

## Содержание

Введение.....	14
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	16
1.1 Свойства фотоэлектрохимических ячеек .....	16
1.2 Свойства и способы получения наноструктурного оксида цинка .....	18
1.2.1 Методы получения наноструктурного оксида цинка.....	18
1.2.2 Свойства наноматериалов на основе наноструктурного оксида цинка ....	19
1.3 Свойства и способы получения наноструктурного оксида галлия.....	21
1.3.1 Методы получения наноструктурного оксида галлия.....	21
1.3.2 Свойства наноструктурного оксида галлия.....	22
1.4 Свойства и методы получения наноструктурного оксида меди .....	23
1.4.1 Способ получения наноструктурного оксида меди.....	23
1.4.2 Свойства наноструктурного оксида меди.....	24
1.5 Свойства и методы получения бинарного наноструктурного оксида $Ga_2O_3$ - ZnO.....	25
1.5.1 Получение бинарных наноструктурированных оксидов $Ga_2O_3$ -ZnO .....	26
1.5.2 Свойства бинарных наноструктурированных оксидов $Ga_2O_3/ZnO$ .....	27
1.6 Основные свойства и методы получения бинарного наноструктурированного оксида CuO-ZnO.....	30
1.6.1 Метод получения бинарного наноструктурного оксида CuO-ZnO .....	30
1.6.2 Свойства бинарных наноструктурированных оксидов CuO-ZnO.....	31
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	35
2.1 Метод электроискровой эрозии .....	35
2.2 Рентгенофазовый анализ .....	36
2.3 Рамановская спектроскопия.....	36
2.4 Просвечивающая электронная микроскопия .....	38
ГЛАВА 4. «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ».....	51

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	51
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений .....	52
4.1.2 SWOT-анализ .....	54
<b>4.2 Планирование научно-исследовательских работ .....</b>	<b>58</b>
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	58
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения .....	59
4.3 Бюджет научно-технического исследования .....	62
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования .....	63
4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования .....	63
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	64
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	66
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	66
4.3.6 Накладные расходы.....	67
4.3.7 Бюджетная стоимость НИР .....	67
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	68
4.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности .....	68
4.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности.....	69
4.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки .....	70
Выводы по разделу.....	71
<b>ГЛАВА 5. «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ» .....</b>	<b>73</b>
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	73
5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства .....	73
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя .....	74
5.2 Производственная безопасность.....	75

<b>5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов .....</b>	<b>75</b>
5.3 Экологическая безопасность.....	82
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	84
<b>Выводы по разделу.....</b>	<b>86</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>87</b>

## Введение

Огромное потребление энергии в мире создает необходимость поиска альтернативных возобновляемых источников энергии. Солнечная энергетика уже неплохо себя зарекомендовала в области генерации электроэнергии, однако требует аккумуляирования избыточного заряда при снижении солнечной активности. Среди различных подходов по преодолению текущих экологических проблем и решению энергетического кризиса можно выделить гетерогенный фотокатализ. В настоящее время, фотокатализ используется для производства водорода и накопления энергии, однако общая эффективность этого процесса довольно мала из-за двух основных недостатков современных полупроводников: широкой запрещенной зоны и быстрой рекомбинации фотогенерируемых зарядов, которые ограничивают фотокаталитические реакции.

Эффективность экономического развития любого государства во многом определяется аспектами эффективного использования экологически чистых возобновляемых источников энергии. В соответствии с Энергетической стратегией России на период до 2035 года будут поддерживаться следующие тенденции: создание многофункциональных энергетических комплексов для автономного энергоснабжения потребителей в регионах, не подключенных к централизованным сетям энергоснабжения; внедрение эффективных технологий сетевого электроснабжения и теплоснабжения на основе возобновляемых источников энергии; разработка технологий комбинированного использования возобновляемых источников энергии. Огромное потребление энергии в мире создает необходимость поиска альтернативного возобновляемого источника энергии для будущего. Солнечная энергетика позволяет генерировать возобновляемый источник энергии, однако она требует аккумуляирования избыточного заряда при снижении солнечной активности. Среди различных подходов к преодолению текущих экологических проблем и решению энергетического кризиса можно выделить гетерогенный

фотокатализ на полупроводниковых материалах. В настоящее время, фотокатализ используется для производства водорода и накопления энергии, однако общая эффективность этого процесса не велика из-за двух основных недостатков современных полупроводников: широкой запрещенной зоны и быстрой рекомбинации фотогенерируемых зарядов, которые ограничивают фотокаталитические реакции. Основная задача на сегодняшний день заключается в разработке фотокатализатора, который мог бы устранить два вышеуказанных недостатка путем создания полупроводниковых гетеропереходов.

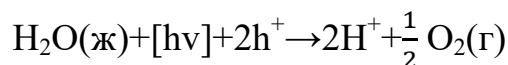
# ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Свойства фотоэлектрохимических ячеек

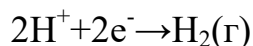
Фотоэлектрохимическая ячейка – это вид устройства для альтернативной энергетики, в котором осуществляется преобразование оптического излучения (включая видимый свет) в электрическую энергию. Они состоят из полупроводникового фотоанода и металлического катода, погруженных в электролит. Принцип работы основан на явлении внутреннего фотоэффекта.

Стандартный фотогальванический эффект, действующий в стандартных фотогальванических элементах, включает возбуждение носителей отрицательного заряда (электронов) в полупроводниковой среде, и именно носители отрицательного заряда (свободные электроны) в конечном итоге извлекают энергию. Классификация фотоэлектрохимических ячеек (включая ячейки Гретцеля) следует этому узкому определению, хотя носителями заряда обычно являются экситоны.

С фотоэлементами дело обстоит совершенно иначе. Например, в водорастворимой фотоэлектрохимической ячейке фотовозбужденный электрон в полупроводнике оставляет дырку, которая «вытягивает» электрон из соседней молекулы воды:



Это оставляет носители положительного заряда (протоны, то есть ионы  $\text{H}^+$ ) в растворе, которые затем должны соединиться с другим протоном и с двумя электронами, чтобы образовать газообразный водород [1]:



Принцип фотокатализа заключается в использовании света для возбуждения сложных полупроводников, таких как диоксид цинка, и использовании генерируемых ими электронов и дырок для участия в окислительно-восстановительной реакции. Когда свет с энергией,



превышающей или равной энергетической щели, облучает полупроводниковые наночастицы, электроны в валентной зоне будут возбуждаться для перемещения в зону проводимости, оставляя относительно стабильные дырки в валентной зоне, тем самым образуя электронно-дырочные пары. Из-за большого количества дефектов и оборванных связей в наноматериалах эти дефекты и оборванные связи могут захватывать электроны или дырки и предотвращать рекомбинацию электронов и дырок. Эти захваченные электроны и дырки соответственно диффундируют к поверхности частиц, тем самым создавая сильный окислительно-восстановительный потенциал.

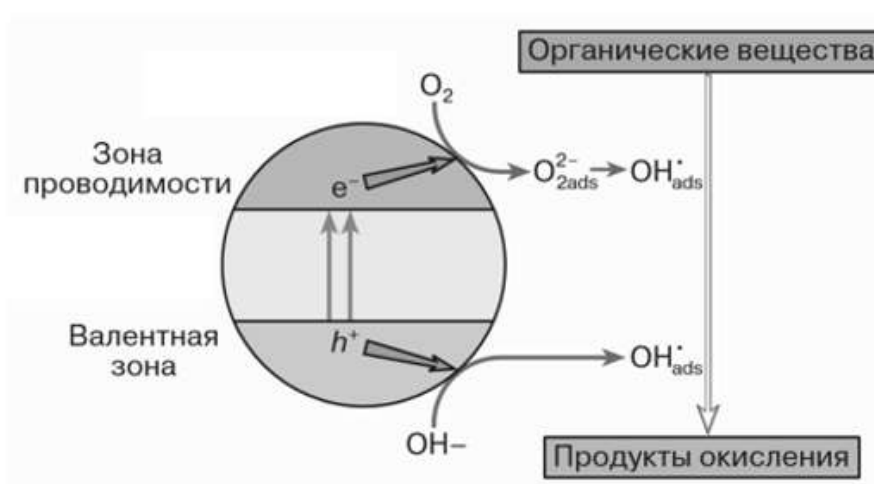


Рисунок 1.1 – Схематическое изображение процессов, идущих на полупроводниковой частице[2]

## 1.2 Свойства и способы получения наноструктурного оксида цинка

Для наноструктурного порошкообразного оксида цинка характерен белый или светло-желтый цвет, он нерастворим в воде, не имеет вкуса, нетоксичен, легко растворим в кислотах, щелочах и обладает амфотерными свойствами.

В природе существует три разновидности кристаллов оксида цинка [3]: гексагональный вюрцит (a), кубическая модификация (b) и кубический сфалерит (c).

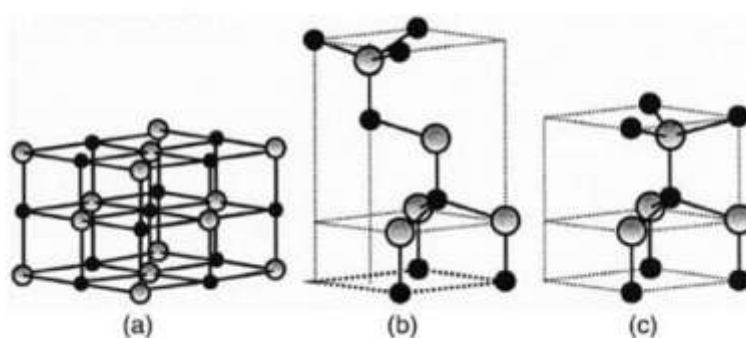


Рисунок 1.2 – Кристаллические структуры оксида цинка

### 1.2.1 Методы получения наноструктурного оксида цинка

Мочевину измельчают до среднего размера частиц 400-500 нм, а затем добавляют в деионизированную воду для обработки ультразвуком. К ней добавляют нитрат цинка и после равномерного перемешивания добавляют реакционные добавки и смешанное масло. Смесь нагревают до 80-90 °С, выдерживают в тепле в течение 4-5 часов, а после того, как температура упадет до комнатной, путем центрифугирования получают белый предшественник оксида наноцинка. Белый предшественник оксида наноцинка очищают раствором этанола, затем очищают деионизированной водой, затем сушат, а затем прокаливают при высокой температуре. температура для получения наноструктурный оксида цинка[4].

## 1.2.2 Свойства наноматериалов на основе наноструктурного оксида цинка

*Анализ изображений с помощью просвечивающей электронной микроскопии nano-ZnO ПЭМ и СЭМ*

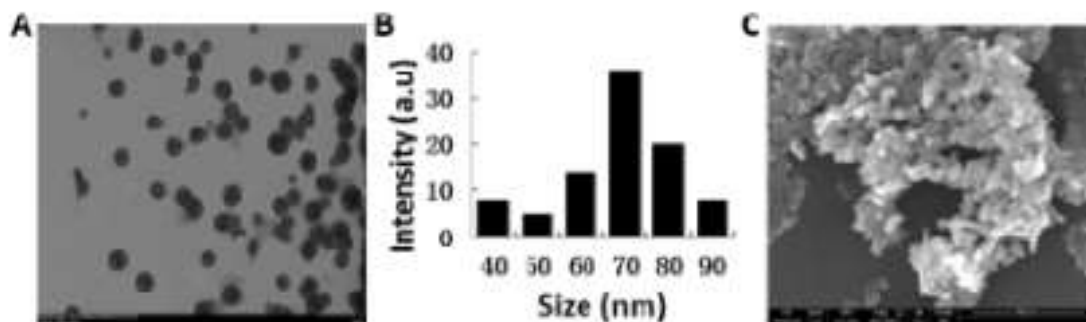


Рисунок 1.3 – Результаты ПЭМ и СЭМ для nano-ZnO

Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) показывает, что частицы ZnO наноструктуры отделены друг от друга, имеют однородную морфологию и четкую сферическую форму. Изображения, полученные с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM), показывают, что наноструктура ZnO является полидисперсной и агрегируется в сферическую гексагональную многогранную структуру.

*Фазовый анализ наноструктурного ZnO методом рентгеновской дифракции*

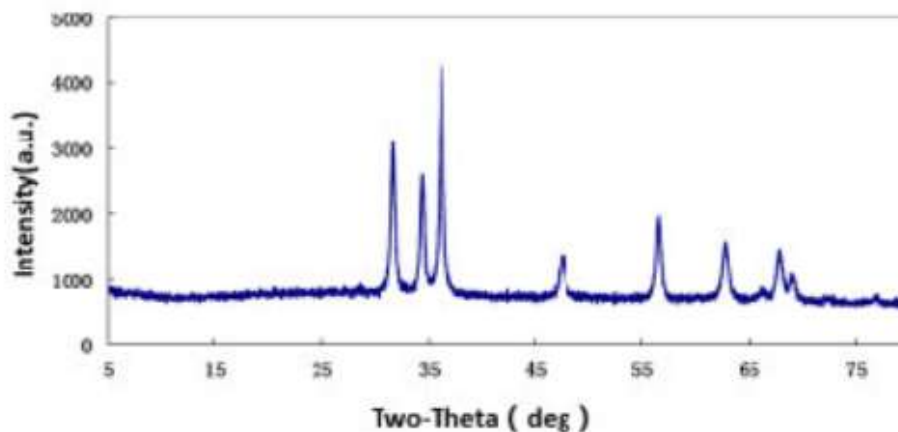


Рисунок 1.4 – Рентгеновская дифрактограмма наноструктурного ZnO.

На рисунке 1.4 представлена репрезентативная рентгеновская дифрактограмма наноструктурный оксида цинка, которая еще раз подтверждает, что эти частицы обладают кристаллическими свойствами. Рентгенограмма nano-ZnO показывает, что имеется 7 отчетливых пиков в значении  $2\theta$  всего спектра, которые составляют  $31,7^\circ$ ,  $34,4^\circ$ ,  $36,2^\circ$ ,  $47,5^\circ$ ,  $56,6^\circ$ ,  $62,8^\circ$ ,  $68,0^\circ$  соответственно. Эти сильные и узкие дифракционные пики указывают на то, что этот продукт имеет очень хорошую кристаллическую структуру.

#### *Анализ наноструктурного ZnO методом ИК-Фурье спектроскопии*

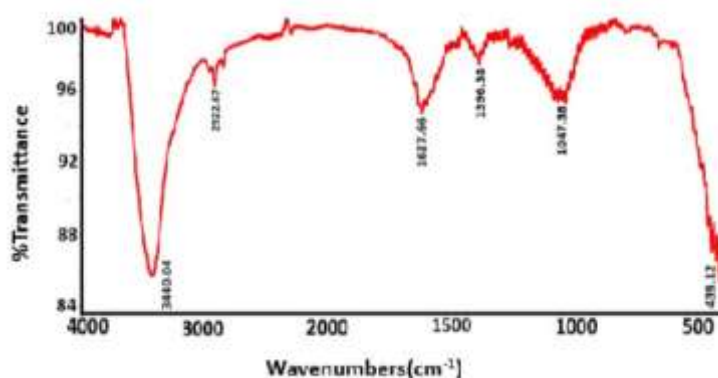


Рисунок 1.5 – Результаты спектрального анализа FTIR nano-ZnO

Результаты инфракрасной Фурье-спектроскопии подтвердили, что наноструктурный оксид цинка представляет собой наночастицы чистого металла, наноструктурный оксид цинка имеет следующие положения пиков:  $3440\text{ см}^{-1}$  (фосфорсодержащие соединения),  $2922\text{ см}^{-1}$  (монозамещенные алкины,  $\beta$ -лактон, соль амина),  $1627\text{ см}^{-1}$  (умеренно заряженный винил),  $1396\text{ см}^{-1}$  (амид типа II),  $1047\text{ см}^{-1}$  (алкин с одним заместителем) [5].

### **1.3 Свойства и способы получения наноструктурного оксида галлия**

Оксид галлия ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ) представляет собой белые кристаллические частицы треугольной формы, нерастворимые в воде, малорастворимые в растворах кислот или щелочей при нагревании. Существуют две модификации  $\alpha$  и  $\beta$ :  $\alpha$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  относится к гексагональному кристаллическому типу, а  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  относится к моноклинному кристаллическому типу. Температура плавления  $1900^\circ\text{C}$  [6]. Оксид галлия ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ) является типичным широкозонным оксидным полупроводником с очень хорошими перспективами применения в проводимости и светоизлучении.

#### **1.3.1 Методы получения наноструктурного оксида галлия**

Отвесить 0,5114 г (2 ммоль)  $\text{Ga}(\text{NO}_3)_3$  (2 части), поместить в 45 мл тефлонового вкладыша соответственно, добавить 6 мл дистиллированной воды, 24 мл абсолютного этанола и 5 мл масла в одну порцию, помеченный как образец 1. К другой части добавляли 35 мл раствора воды/этанола в объемном соотношении 1:4, помечен как образец 2. Запечатать котел, а затем поместите его в печь с постоянной температурой для реакции при  $150^\circ\text{C}$  в течение 8 ч. Выньте реакционный сосуд, удалите надосадочную жидкость, промойте беловатый продукт 1 и белый продукт 2, опуская на дно реактора несколько раз  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  и  $\text{H}_2\text{O}$  соответственно, удаляйте примеси, чтобы получить целевой продукт.

### 1.3.2 Свойства наноструктурного оксида галлия

#### *Энергодисперсионный рентгеновский спектр*

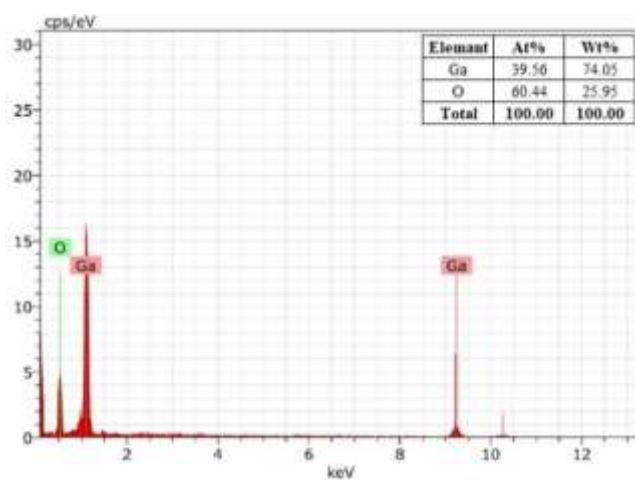


Рисунок 1.6 – Рентгеноспектроскопический анализ наноматериалов оксида галлия ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ )

Это показывает присутствие галлия и кислорода в синтетическом образце. Содержание галлия в образце оксида галлия составляло 39,56%, в то время как содержание кислорода составляло 60,44%.

#### *Морфологический анализ продукта*

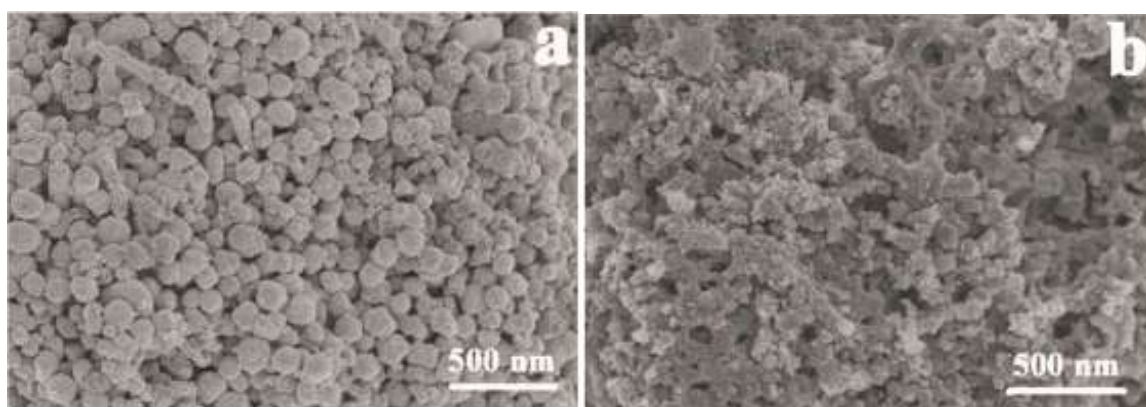


Рисунок 1.7 – Изображение  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  методом СЭМ. (а) образец с добавлением олеиновой кислоты (б) образец без олеиновой кислоты

Из рисунка 1.7 видно, что оба образца 1 и 2 состоят из наночастиц диаметром менее 100 нм. Дальнейшие сравнительные наблюдения показывают, что образец 1 на рисунка 1.7 (а) представляет собой наночастицу со сферической структурой. Хорошо видно, что наносферы плотно прилегают друг к другу, имеют высокий выход, диаметр около 100 нм и имеют однородный размер частиц и относительно равномерное распределение. Сферическая поверхность состоит из множества наночастиц. Образец 2 (рисунок 1.7 (б)) состоит из множества мелких частиц диаметром около 50 нм. По сравнению с двумя образцами: образца 1 сильно агломерирован, имеет разные размеры и распределен неравномерно [7].

#### **1.4 Свойства и методы получения наноструктурного оксида меди**

Оксид меди – неорганическое вещество, химическая формула  $\text{CuO}$ , представляет собой черный оксид меди. Оксид меди принадлежит к моноклинной системе, является диамагнитным полупроводником, представляет собой полупроводниковый материал с узкой запрещенной зоной, ширина запрещенной зоны при комнатной температуре составляет всего около 1,2 –1,7 эВ.

##### **1.4.1 Способ получения наноструктурного оксида меди**

Гидротермальные методы обычно используют воду в качестве реакционного растворителя. Это метод зарождения, выращивания и перекристаллизации солей металлической меди и растворов щелочей в специальном закрытом реакторе при высокой температуре и давлении для получения наноструктурный оксида меди. Этот метод имеет преимущества

отсутствия прокаливания, достаточного развития зерна, малого размера частиц, однородности частиц, меньшей агломерации и дешевого сырья, но он требует специальной температуры и давления, занимает много времени, а скорость образования зародышей и скорость образования зародышей трудно контролировать.

#### 1.4.2 Свойства наноструктурного оксида меди

##### *Рентгеноструктурный анализ оксида меди*

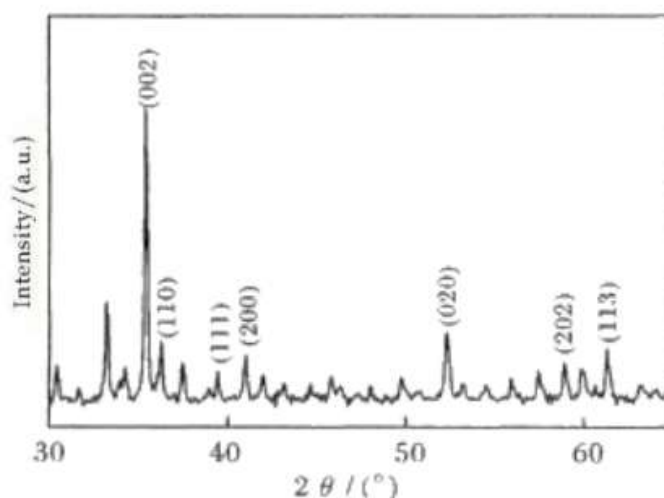


Рисунок 1.8 – Рентгеновская дифрактограмма наноструктурного оксида меди

Все сильные дифракционные пики соответствуют дифракционным пикам плоскостей (002), (110), (111), (200), (020), (202) и (113) стандартного CuO. XRD также может количественно анализировать средний размер зерна. Средний размер зерна образца, рассчитанный по формуле  $D = K\lambda/(\beta\cos\theta)$ [4], составляет 81,6 нм[8]



*Изображение оксида меди, полученное с помощью сканирующего электронного микроскопа*

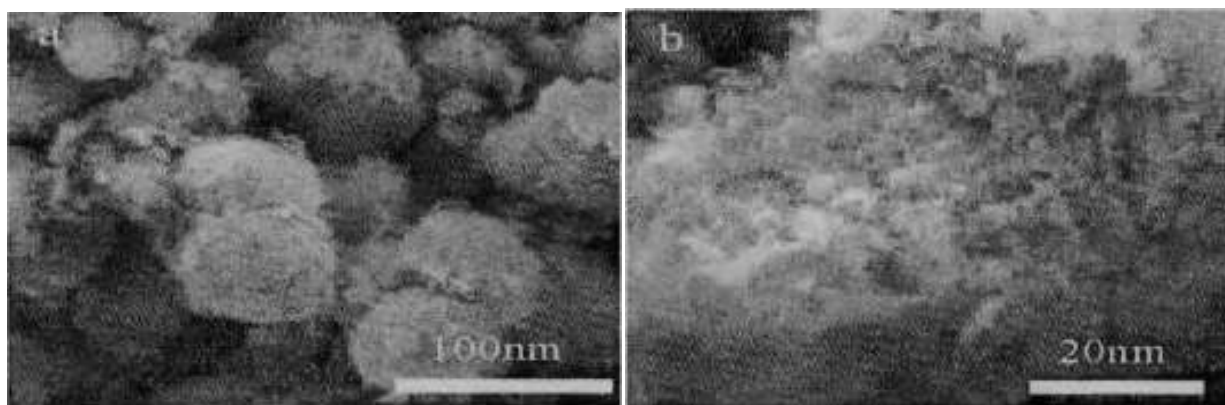


Рисунок 1.9 – СЭМ-изображение наноструктурного оксида меди.

Из рисунка 1.9 (а) видно, что полученный образец состоит из большого количества наносфер диаметром от 70 до 100 нм. Из рисунка 1.9 (б) видно, что поверхность наносфер шероховатая и состоит из множества наночастиц меньшего размера. Приведенные выше результаты показывают, что приготовленные образцы представляют собой чистые кристаллы  $\text{CuO}$  с моноклинной структурой, с лучшей формой кристаллов и меньшим размером зерна.

### **1.5 Свойства и методы получения бинарного наноструктурного оксида $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$**

Оксид цинка – это полупроводник на основе оксидов металлов n-типа, который обладает прямой запрещенной зоной, хорошей электропроводностью и превосходной химической стабильностью.  $\text{ZnO}$  и  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  совместимы с решеткой и могут быть легко объединены в гетероструктуры.

### 1.5.1 Получение бинарных наноструктурированных оксидов Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZnO

Плотный массив тонкопленочных нанокомпозитов ZnO был нанесен на подложку Si с использованием горизонтальной трубчатой печи по механизму газ-твердое тело в течение 60 минут. 58 мг порошка ZnO помещали в керамическую лодочку, загружали в центральную зону печи и выпаривали при 1000 в присутствии проточного газа-восстановителя H<sub>2</sub> 0,1 л/мин. Выпаренный реагент переносили газом-носителем N<sub>2</sub> 0,6 л/мин и помещали на расстоянии 23 см от лодочки-источника. Затем на подготовленном шаблоне ZnO/Si была выращена пленка Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с образованием двухслойного пленочного нанокомпозита β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO. В частности, для приготовления пленки Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> использовалось 58 мг порошка Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а параметры процесса остались такими же, как те, которые использовались для приготовления слоя ZnO. Три образца тонкопленочного нанокомпозита Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO были приготовлены с использованием порошка ZnO разной массы при неизменном количестве порошка Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Образцы, приготовленные с использованием источников порошка ZnO 58, 116 и 174 мг, обозначены GZO1, GZO2 и GZO3 соответственно. Краткое описание производственного процесса показано на рисунке 1.10 [9].

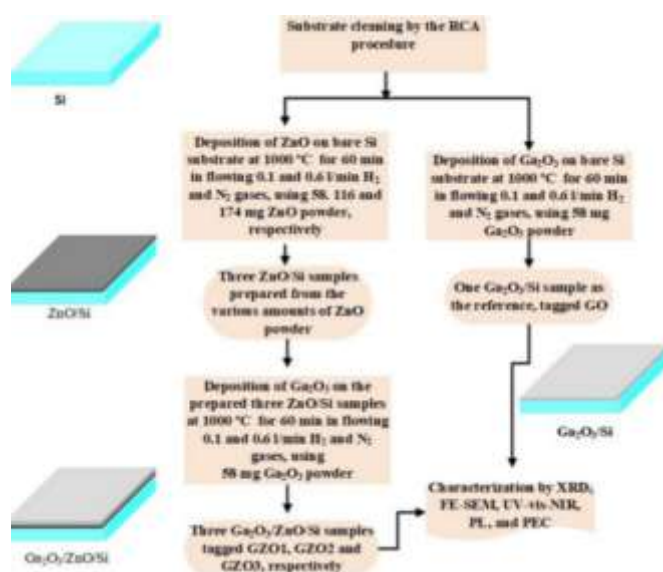


Рисунок 1.10 – Блок-схема двухстадийного химического осаждения из паровой фазы нанокompозитов  $\text{Ga}_2\text{O}_3 / \text{Si}$  и  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3 / \text{ZnO} / \text{Si}$ .

## 1.5.2 Свойства бинарных наноструктурированных оксидов $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$

*Наблюдение морфологии поверхности с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ)*

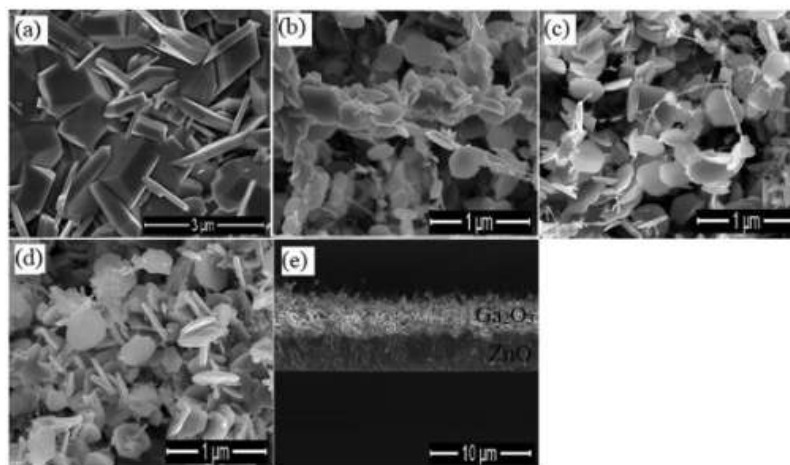


Рисунок 1.11 – Микрофотографии СЭМ образцов  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ , выращенных на слоях  $\text{ZnO}$  разной толщины: (a) GO; (b) GZO1; (c) GZO2; (d) GZO3; (e) Изображение поперечного сечения тонкопленочного нанокompозита.

На рисунке 1.11 показано СЭМ-изображение тонкопленочных нанокompозитов с гетероструктурой  $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$ , полученных методом химического осаждения из газовой фазы с постоянной массой порошка  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  и различным количеством исходных материалов  $\text{ZnO}$ . Наблюдение за поверхностью показывает плотный массив тонкопленочных нанокompозитных материалов. Контрольный образец  $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{Si}$  (рисунок 1.11 (a)) показывает наноблоки различных размеров. В то же время на рисунке 1.11 (b и c) представлены микрофотографии тонкопленочных нанокompозитов  $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$ , показывающие плотный массив структур, подобных наноленте, с

расширенными структурами ветвлений. Толщина пленки измерялась через поперечное сечение СЭМ (Рисунок 1.11 (е)). Было обнаружено, что при увеличении количества ZnO с 58 до 174 мг толщина слоя ZnO на многослойной наноструктуре (Рисунок 1.11 (b-d)) увеличивалась с 5,95 до 7,87 мкм.

### *Рентгеноструктурный анализ кристаллической структуры*

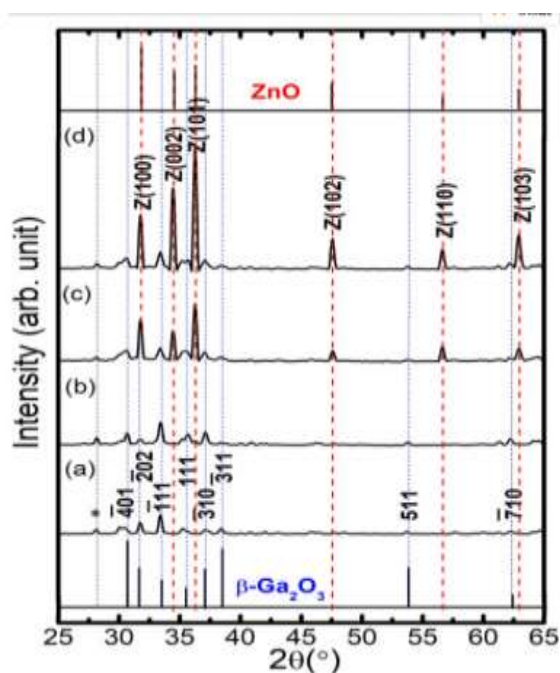


Рисунок 1.12 – Рентгеновские дифрактограммы образцов с разной толщиной слоя ZnO (a) GO; (b) GZO1; (c) GZO2; (d) GZO3.

На рисунке 1.12 показаны рентгеновские дифрактограммы тонкопленочных нанокompозитов Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и тонкопленочных нанокompозитов Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO. На рентгеновских снимках контрольного образца не наблюдалось фазы ZnO (Рисунок 1.12 (a)), что указывает на его гетероструктурные свойства. На рисунке 14 (b-d) показаны дифракционные линии ZnO и  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. По мере увеличения толщины слоя ZnO пики интенсивности материалов ZnO и Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> постепенно улучшаются и ухудшаются соответственно. По мере увеличения толщины слоя ZnO пики прочности материалов ZnO и Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> постепенно

улучшаются и ухудшаются соответственно. Из-за эффекта объемного взаимодействия слой ZnO образца GZO1 слишком тонкий, поэтому обнаруженный пик ZnO очень слаб.

### **Фотокаталитическая активность**

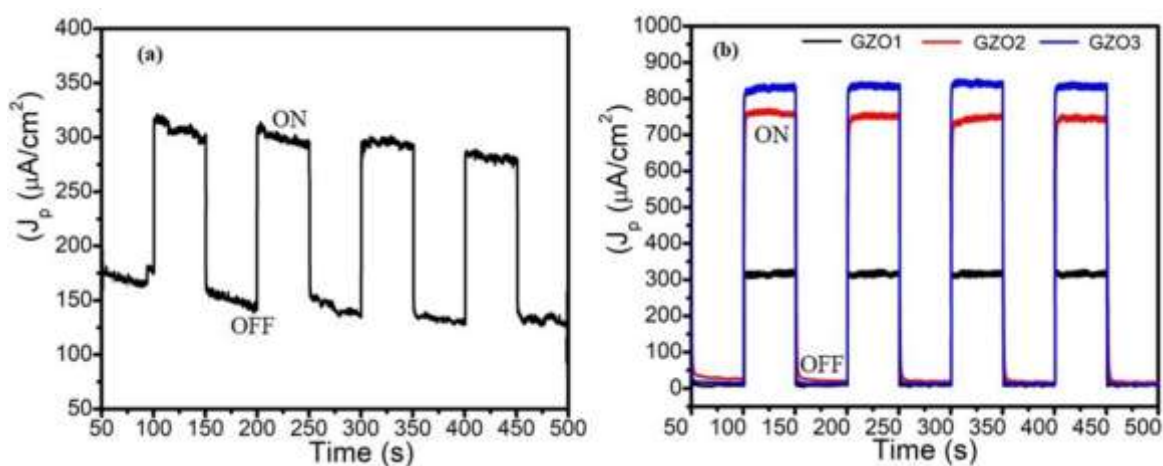


Рисунок 1.13 – Зависящие от времени кривые плотности фототока при 1 В в зависимости от Ag / AgCl эталонного фотокатализатора  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; (b) Фотоаноды Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / ZnO с разной толщиной слоя ZnO: GZO1 = 5.95 мкм, GZO2 = 6.19 мкм, GZO3 = 7.87 мкм.

Характеристики фотоэлектрохимического расщепления воды рабочих электродов  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO были оценены с использованием трехэлектродной батареи с Ag/AgCl RE и Pt-проволокой CE в 0,5 М HCl электролите. На рисунке 1.13 (a и b) сравниваются кривые J<sub>p</sub>-t рабочих электродов из  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO при смещении 1 В и Ag/AgCl. Когда свет отсечен и отсечен, можно наблюдать темноту (J<sub>d</sub>) и плотность фототока (J<sub>p</sub>). Рисунок 1.13 (a) показывает, что высокое значение J<sub>d</sub> пленки  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> приводит к низкому J<sub>p</sub>. Темнота (J<sub>d</sub>) и плотность фототока (J<sub>p</sub>) со временем уменьшаются, что указывает на нестабильность работы устройства. Нестабильность светового отклика может быть вызвана дефектами кристалла в процессе производства. Этот дефект действует как центр захвата фотогенерируемых носителей, тем самым снижая фотокаталитическую активность [10].

## **1.6 Основные свойства и методы получения бинарного наноструктурированного оксида CuO-ZnO**

Оксид меди обладает характеристиками нетоксичности, низкой стоимости и защиты окружающей среды. Он широко используется в области фотоэлектрического преобразования и фотокатализа. Путем легирования ионами металлов или неметаллическими элементами и смешивания с другими полупроводниковыми материалами ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$ ) фотокаталитическая активность  $\text{ZnO}$  может быть улучшена.

### **1.6.1 Метод получения бинарного наноструктурного оксида CuO-ZnO**

В данном методое смешивались 10 ммоль (2,975 г) гексагидрата нитрата цинка ( $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) с тригидратом нитрата меди ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) в соответствующем молярном соотношении. Далее добавлялись 30 мл деионизированной воды и перемешивались магнитной мешалкой, чтобы приготовить раствор А; затем добавлялось соответствующее количество раствора  $\text{NaOH}$  с концентрацией 1 моль/л к 0,1 г цетилтриметиламмонийбромида и перемешивалось с помощью магнитной мешалки, чтобы приготовить раствор В; раствор В капали в раствор А и перемешивались в течение 30 мин. Затем смесь переносили в гидротермальный реактор. Образцы нагревали в воде при  $180\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 12 часов, охлаждали до комнатной температуры, тщательно промывали деионизированной водой и этанолом, а затем сушили при  $80\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 24 часов. Образцы были отожжены в муфельной печи при  $500\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 4 ч для получения желаемых образцов [11].

## 1.6.2 Свойства бинарных наноструктурированных оксидов CuO-ZnO

### Структура и морфология композитов

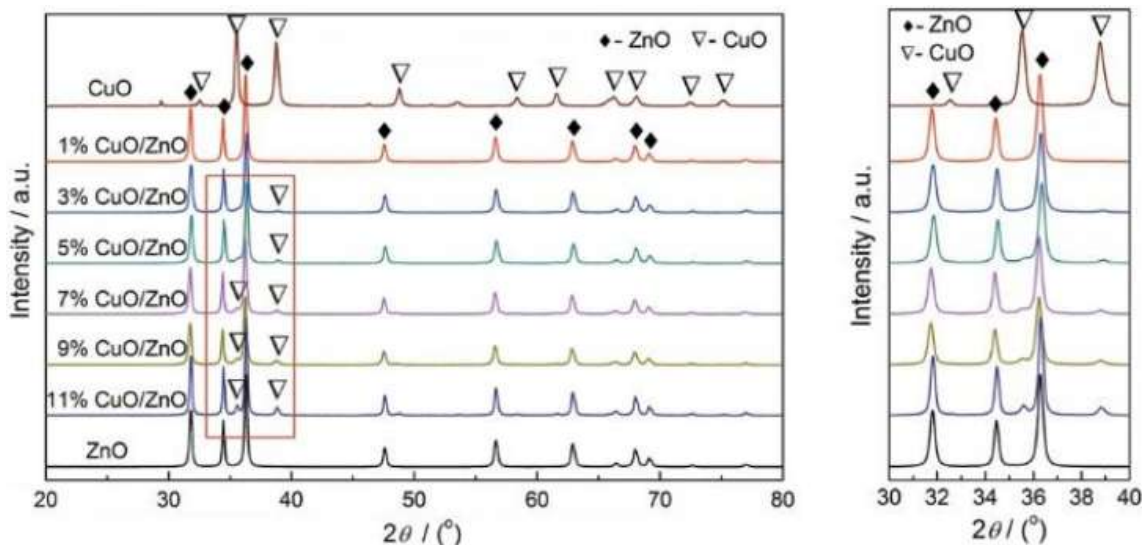


Рисунок 1.14 – Спектры XRD чистого ZnO, CuO/ZnO и CuO

На рисунке 1.14 представлены рентгеновские спектры чистого ZnO, CuO/ZnO (молярное соотношение CuO 1%, 3%, 5%, 7%, 9%, 11%) и CuO. Дифракционные пики синтезированных образцов острые, пики примесей отсутствуют, что указывает на то, что синтезированные продукты обладают высокой кристалличностью и чистотой, CuO имеет моноклинную структуру (JCPDS 80-1916), а ZnO имеет гексагональную структуру вюрцита (JCPDS 70.-2551). С увеличением содержания CuO (>3%) CuO появлялись характерные дифракционные пики, интенсивность которых постепенно возрастала.

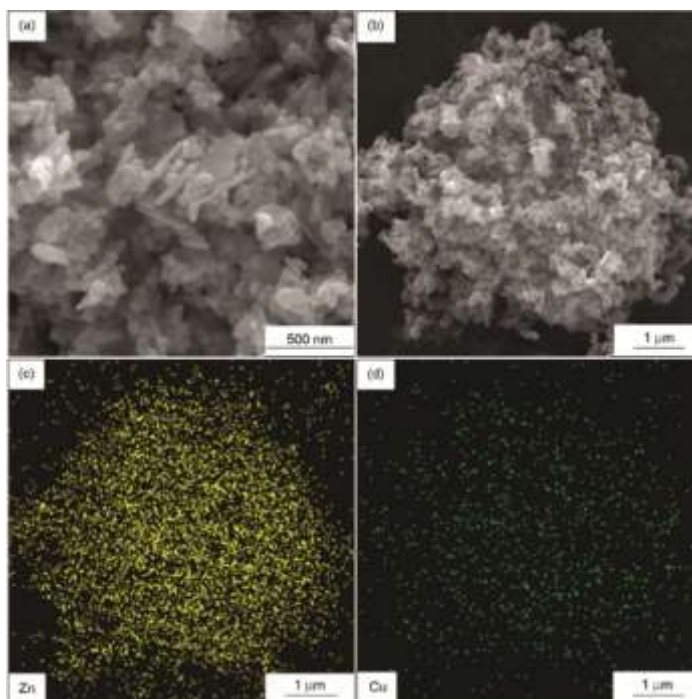


Рисунок 1.15 – СЭМ-изображение и распределение элементов ЭДС 5% CuO/ZnO

На рисунке 1.15 показаны морфология РЭМ и распределение элементов поверхностного сканирования образцов с содержанием CuO 5 %. Видно, что композитный материал в основном состоит из наночастиц и нанолистов, причем наночастицы равномерно распределены на беспорядочно уложенных нанолистах. Анализ распределения элементов методом поверхностного сканирования показал, что CuO равномерно распределен в образцах. Анализ точечного сканирования ЭЦП показал, что нанолисты были ZnO, а наночастицы были CuO.



## Фотокаталитическая активность

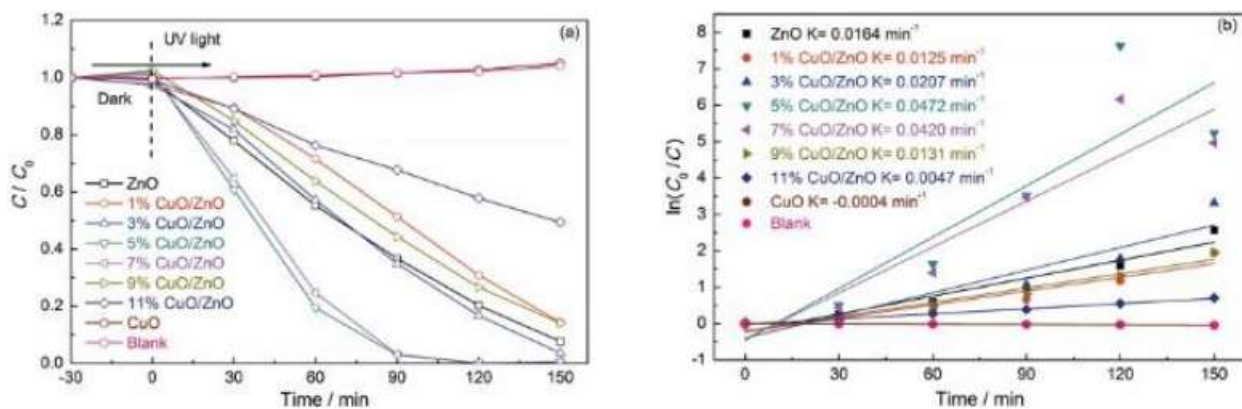


Рисунок 1.16 – Кривые разложения метилового оранжевого и соответствующие

На рисунке 1.16 (а) показано, что концентрация метилоранжа в основном не изменяется без катализатора, что указывает на то, что саморазложение метилоранжа под действием излучения очень слабое. Композитные фотокатализаторы с содержанием CuO более 1% стали превосходить чистый ZnO. Добавление соответствующего количества CuO может улучшить характеристики каталитического разложения, но когда содержание CuO превышает 7%, эффективность разложения постепенно снижается. Кажущаяся динамика реакции первого порядка фотокаталитических материалов линейно скорректирована, и результаты показаны на рисунке 1.16(b). Если содержание CuO слишком низкое, трудно сформировать эффективный комплекс, что не способствует повышению каталитической активности. Добавление избытка CuO не способствует переносу электронов и снижает эффективность катализатора.

### Фотокаталитический механизм композитов CuO/ZnO

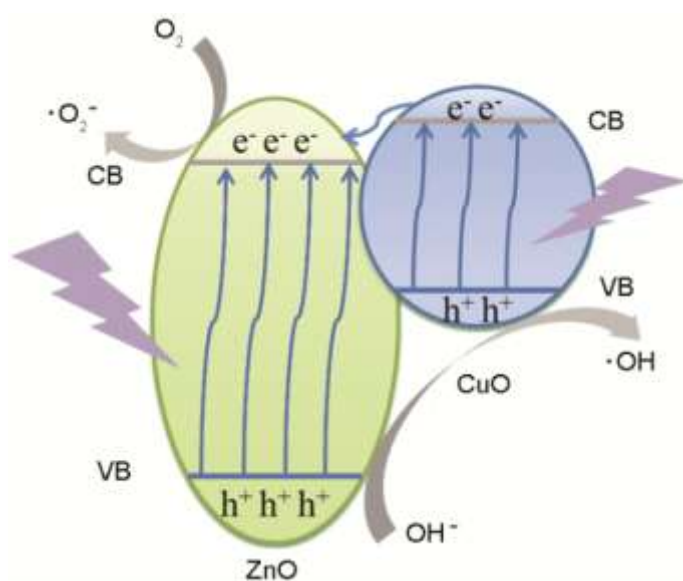


Рисунок 1.17 – Механизм композитного фотокатализатора CuO/ZnO

Наночастицы CuO с узкой запрещенной зоной могут поглощать часть света, так что часть возбужденных электронов мигрирует в зону проводимости ZnO, а ZnO также генерирует возбужденные электроны при возбуждении ультрафиолетовым светом. Возбужденные электроны реагируют с кислородом, адсорбированным на поверхности катализатора, с образованием супероксидного радикала O<sup>2-</sup>. Как супероксидные радикалы, так и дырки, образованные миграцией электронов, реагируют с водой, адсорбированной на поверхности катализатора, с образованием гидроксильного радикала ·OH с сильным окислительным свойством, и, наконец, метиловый оранжевый эффективно разлагается ·OH на поверхности катализатора [12].

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Метод электроискровой эрозии

Синтез структур на основе бинарных оксидов  $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$  осуществлялся методом электроискровой эрозии (ЭИЭ). Схема стенда для получения бинарных оксидных структур представлена на рисунке 10. В фарфоровый стакан 500 мл (4) были погружены цинковые электроды (3). На одном из электродов был размещен пояс Роговского, между первым и вторым электродами установлен делитель напряжения. Пояс и делитель подключались к осциллографу Tektronix TDS 2014B. Изолятор был размещен между электродами во избежание их контакта внутри стенда разместили токопроводящий слой гранул Zn 185 г (5), после чего залили его 200 мл рабочей жидкостью 37,2%  $\text{H}_2\text{O}_2$ (1). В зависимости от эксперимента варьировалась добавка порошка  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  1, 1,5 и 2 г (2). Сам процесс электроискровой эрозии происходил 1 минуту. Полученную смесь отфильтровывали с помощью сита. После 8 часов отстаивания произвели декантацию осадка, содержащий Zn,  $\text{H}_2\text{O}_2$  и тяжелую фракцию  $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ , и взвеси, состоящий из Zn,  $\text{H}_2\text{O}_2$  и легкой фракции  $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ . Тяжелую и легкую фракцию распределяли по чашкам Петри и высушивали в течение 5-8 часов при температуре  $80^\circ\text{C}$ . Высушенные порошки собрали и взвесили.

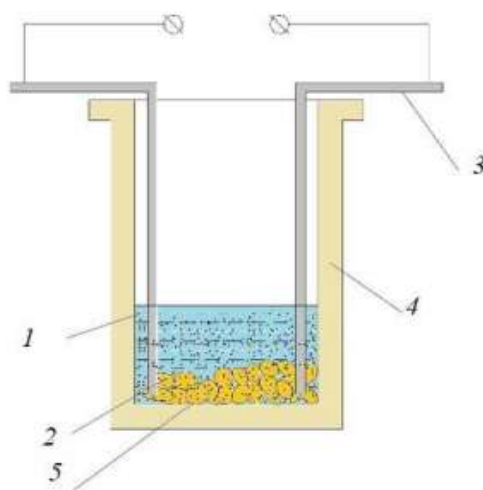


Рисунок 2.1 – Схема стенда электроискрового получения бинарных структур: 1 – рабочая жидкость; 2 – добавка; 3 – электроды; 4 – реактор; 5 – металлические гранулы

## 2.2 Рентгенофазовый анализ

Рентгенофазовый анализ синтезируемых материалов проводился с использованием рентгеновского дифрактометра XRD-7000S (Shimadzu, Япония) научно-образовательного инновационного центра "Наноматериалы и нанотехнологии" ТПУ.



Рисунок 2.2 – Рентгеновский дифрактометр XRD-7000S (Shimadzu, Япония)

## 2.3 Рамановская спектроскопия

В данной бакалаврской работе для исследования синтезированных материалов активно использовалась рамановская спектроскопия комбинационного рассеяния, по сути представляющую молекулярную спектроскопию для исследования взаимодействия с неэластично рассеянным светом и дающую возможность определять вибрационные состояния молекул, входящих в состав материала. В этой связи, можно утверждать, что

рамановская спектроскопия (РС) – это высокоэффективный аналитический инструмент для изучения различных материалов.

Преимущества РС обуславливаются тем фактом, что рамановский эффект наблюдается в рассеянном свете от образца, а не в спектре поглощения образцом света. Рамановская спектроскопия не связана с необходимостью специальной пробоподготовки и нечувствительна к полосам поглощения. Это свойство РС облегчает процесс непосредственного измерения в твердых, жидких и газообразных средах, а также измерения через прозрачные материалы, например, стекло, кварц, пластмассу.

В данной работе для анализа применялся прибор Centaur I HR, который состоит из сканирующего зондового микроскопа, конфокального лазерного микроскопа, спектрометра комбинационного рассеяния, конфокального флюоресцентного микроскопа спектрометра флюоресценции и т. д. Прибор позволяет независимо исследовать топографические и спектральные особенности поверхности с высоким разрешением, одновременно получая спектральные и топографические особенности различных материалов, в том числе в данной работе исследовались бинарные оксидные наногетероструктуры Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZnO.

Отличительной особенностью CentaurI HR является способность измерять спектры комбинационного рассеяния до 20 см<sup>-1</sup> вблизи линии возбуждения, а также высокое спектральное разрешение 0,01 нм.

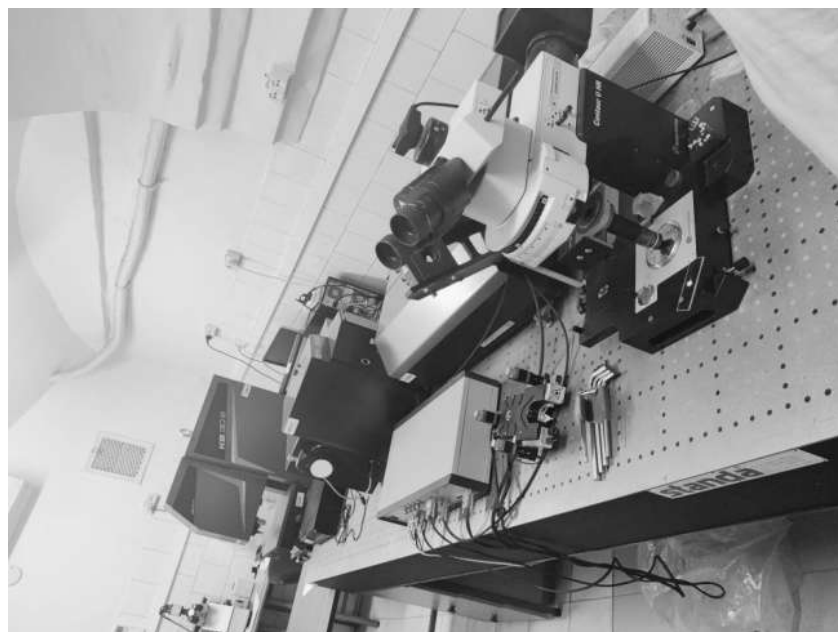


Рисунок 2.3 – Centaur HR - СЗМ совмещенный со спектрометром высокого разрешения, оптическим и конфокальным микроскопами

## 2.4 Просвечивающая электронная микроскопия

Морфологические особенности и размеры структурных элементов (частиц), а также элементный состав синтезированных бинарных оксидных материалов, изучались с помощью просвечивающего электронного микроскопа JEOL JEM-2100F с системой подготовки проб научно-образовательного инновационного центра "Наноматериалы и нанотехнологии" ТПУ. Фотография просвечивающего микроскопа представлена на рис. 2.4.

Как правило, образцы для просвечивающей электронной микроскопии должны характеризоваться размером порядка 20-200 нм. Желательно, чтобы исследуемые образцы имели толщину, сопоставимую с длиной свободного пробега электронов в этом образце, при этом зависящую от энергии электронов порядка десятков нанометров.

Подготовка образцов с малыми характерными размерами, которые прозрачны для электронов (нанодисперсные порошки, нанотрубки) для изучения в ПЭМ, проста и осуществляется путем нанесения их на поддерживающую сетку или плёнку. В нашем случае, исследуемые образцы

представляли собой наноструктурированные образцы и легко подготавливались для проведения микроскопического анализа.



Рисунок 2.4 – Просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM-2100F

## **ГЛАВА 4. «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Тема проекта: «Получение бинарных оксидных наногетероструктур для альтернативных источников энергии». Предложен процесс получения и фотокаталитическая активность бинарных оксидных наногетероструктур.

Целью данного раздела является оценка коммерческой ценности разработки как необходимого условия при поиске источников финансирования научных исследований и коммерциализации результатов. Например: будет ли продукт продаваться, какова его цена, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т. д.

В этом разделе рассматриваются следующие задачи:

- Оценить коммерческий потенциал разработки;
- Планирование исследовательской работы;
- Расчет бюджета исследования;
- Определить ресурсную, финансовую и бюджетную эффективность исследования.

Целью ВКР является получение бинарных оксидных наногетероструктур для альтернативных источников энергии.

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

Использование фотокатализаторов для удаления токсичных и не поддающихся биологическому разложению загрязнителей из воздуха и сточных вод является экологичным подходом. ZnO обладает такими характеристиками, как нетоксичность, низкая стоимость и экологичность. В качестве полупроводникового фотокатализатора с прямой запрещенной зоной он широко используется в фотоэлектрическом преобразовании, фотокатализе и



других областях. Однако ZnO может быть возбужден только ультрафиолетовым светом из-за его большой ширины запрещенной зоны, а скорость фотогенерированной рекомбинации носителей высока, что затрудняет его практическое применение. Фотокаталитическая активность ZnO может быть улучшена за счет легирования ионами металлов или неметаллическими элементами и смешивания с другими полупроводниковыми материалами. Соединение полупроводника с узкой запрещенной зоной с ZnO может не только эффективно регулировать ширину запрещенной зоны и подавлять рекомбинацию электронно-дырочных пар, но также расширять диапазон поглощения света катализатором, эффективно повышать эффективность использования фотогенерированных электронов и, таким образом, повышать фотокаталитический эффект.

#### 4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурирующих технологических вариантов с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет оценить сравнительную эффективность научных разработок и определить направления будущих исследований.

В ходе исследования рассматривались две конкурирующие разработки:

- Фотокаталитические характеристики двухслойного тонкопленочного нанокompозита Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO, выращенного на кремниевой подложке;
- Фотокаталитические характеристики наногетероструктуры CuO/ZnO, полученной гидротермальной обработкой, промывкой, сушкой и отжигом смешанного раствора.

Таблица 4.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к</sub> 1	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Кристалличность	0.1	4	4	5	0.4	0.4	0.5
2. Детализация	0.1	4	5	4	0.4	0.5	0.4
3. Каталитическая активность	0.21	5	5	4	1.05	1.05	0.84
4. Безопасность	0.09	4	4	4	0.36	0.36	0.36
5. Простота в эксплуатации	0.05	4	5	3	0.2	0.25	0.15
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентное преимущество продукта	0.13	5	5	4	0.65	0.65	0.52
2. Цена сырья	0.07	4	4	3	0.28	0.28	0.21
3. Ожидаемый срок службы	0.05	4	4	4	0.2	0.2	0.2
4. Финансирование научных разработок	0.05	4	4	5	0.2	0.2	0.25
5. Время выхода на рынок	0.07	4	4	5	0.28	0.28	0.35
6. Наличие сертификата разработки	0.08	5	5	5	0.4	0.4	0.4
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>47</b>	<b>49</b>	<b>46</b>	<b>4.42</b>	<b>4.57</b>	<b>4.18</b>

Критерии сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 4.1, выбраны с учетом технико-экономических характеристик разработки, создания и эксплуатации продукции.

Формула анализа конкурирующих технических решений:

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

$$K = 0.1 \cdot 4 + 0.1 \cdot 5 + 0.21 \cdot 5 + 0.09 \cdot 4 + 0.05 \cdot 5 + 0.13 \cdot 5 + 0.07 \cdot 5 + 0.05 \cdot 4 + 0.05 \cdot 4 + 0.07 \cdot 4 + 0.08 \cdot 5 = 4.57$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

После анализа решение, предложенное этой ВКР, является высококонкурентным. Фотокаталитическая активность бинарной оксидной наногетероструктуры сильнее, чем у одного материала, и этот материал имеет более высокие рыночные перспективы.

#### 4.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ используется для исследования внешней и внутренней среды проекта. На первом этапе описываются сильные и слабые стороны проекта и выявляются возможности и угрозы реализации проекта. Сильные стороны – уникальное преимущество проекта. Слабые стороны - это недостаток, упущение или ограничение в исследовательском проекте. Возможности поддерживают спрос на результаты проекта. Угроза - это любая неблагоприятная ситуация, тенденция или изменение условий окружающей среды проекта.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Недорогое сырье	Сл1. Количество легирующей примеси CuO нелегко контролировать.
С2. Высокая фотокаталитическая активность и долговременная стабильность	Сл2. Трудоемкий процесс пробоподготовки
С3. Высокая кристалличность и чистота	Сл3. Морфология композиционного материала одинарная, а размер зерен сильно различается.
С4. Материал имеет хорошие рыночные перспективы	Сл4. Фотокаталитический процесс медленный, а период исследования длительный.
Возможности	Угрозы
В1. Использование оборудования ТПУ.	У1. Отсутствие государственной или корпоративной поддержки.
В2. Потребность в новых альтернативных источниках энергии.	У2. Неадекватная технология массового производства наногетероструктурированных материалов.
В3. Снизить тарифы на материалы.	У3. Требуется стандартизация и сертификация продукции.
В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	

Второй этап заключается в определении соответствия сильных и слабых сторон проекта условиям внешней среды на основе интерактивной матрицы

проекта, используемой в качестве оценки вариантов стратегического выбора. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3–4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

<b>Сильные стороны проекта</b>					
<b>Возможности проекта</b>		C1	C2	C3	C4
	B1	+	0	-	-
	B2	+	-	+	-
	B3	+	+	0	-
	B4	+	+	+	0

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

<b>Слабые стороны проекта</b>					
<b>Возможности проекта</b>		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	-	+	-
	B2	0	+	-	-
	B3	+	-	-	0
	B4	0	+	+	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

<b>Сильные стороны проекта</b>					
<b>Угрозы проекта</b>		C1	C2	C3	C4
	У1	-	+	-	-
	У2	-	-	-	0
	У3	0	0	-	+

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	-	+	-
	У2	0	-	-	-
	У3	-	-	0	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>С1. Недорогое сырье</p> <p>С2. Высокая фотокаталитическая активность и долговременная стабильность</p> <p>С3. Высокая кристалличность и чистота</p> <p>С4. Материал имеет хорошие рыночные перспективы</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>Сл1. Количество легирующей примеси CuO нелегко контролировать.</p> <p>Сл2. Трудоемкий процесс пробоподготовки</p> <p>Сл3. Морфология композиционного материала одинарная, а размер зерен сильно различается.</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>В1. Использование оборудования ТПУ.</p> <p>В2. Потребность в новых альтернативных источниках энергии.</p> <p>В3. Снизить тарифы на материалы.</p> <p>В4. Использование инфраструктуры Томск.</p>	<p><b>Направления развития</b></p> <p>В2С1С4. Используйте базовое оборудование для переработки экологически чистых энергозамещающих материалов и распространяйте разработанную технологию на масштабные проекты.</p> <p>В3С2С3. Высокая каталитическая эффективность композиционных материалов является основой для экспорта материалов за границу и выхода</p>	<p><b>Сдерживающие факторы</b></p> <p>В1Сл1Сл2.Используйте оборудование ТПУ для многократных испытаний, чтобы определить оптимальный диапазон количества легирующей примеси CuO.</p> <p>Б3Сл1Сл4. Точный контроль количества сырья и окружающей среды, сокращение цикла подготовки и получение материалов с</p>

	на мировой рынок.	однородным размером зерна.
<b>Угрозы</b> У1. Отсутствие государственной или корпоративной поддержки. У2. Неадекватная технология массового производства наногетероструктурированных материалов. У3. Требуется стандартизация и сертификация продукции.	<b>Угрозы развития</b> У1С1С2С3С4 Несмотря на отсутствие государственной или корпоративной поддержки, гетероструктурные композиты обладают лучшими фотокаталитическими свойствами и хорошими рыночными перспективами. У3С2С3С4. Ограниченность энергии заставила страну придать большое значение заменителям энергии, и стандартизация продукции оказалась эффективной.	<b>Уязвимости:</b> У2Сл2Сл4. Процесс подготовки образцов сложен, фотокаталитический процесс медленный, а период исследования длительный, что делает невозможным крупномасштабное массовое производство.

Результаты анализа матрицы взаимодействия показывают, что преимущества проекта перевешивают его недостатки. После развития науки и техники цикл исследований будет долгим, и проблема неспособности к промышленному производству будет устранена.

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

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

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

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Составление и утверждение плана магистерской диссертации	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Получение бинарной оксидной наногетероструктуры Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /ZnO	Инженер
	7	Получение бинарной оксидной наногетероструктуры CuO/ZnO	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки.	Инженер

## 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (4.1)$$

где  $t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{min}i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max}i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой  $i$ -ой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{\text{к.инж}} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.3)$$



где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.4)$$

где  $T_{кал}$  – общее количество календарных дней в году;  $T_{вых}$  – общее количество выходных дней в году;  $T_{пр}$  – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.9.

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожид}$ , чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения НИР	1	3	3	4	1,8	3,4	1	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11

4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	4	6	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка материалов	-	15	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	10	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	3	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки	-	8	-	10	-	8,8	8	13
<b>Итого:</b>	7	5,9	15	84	10,2	69	68,5	102

Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – студент-инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	$T_{ki}$ кал. дн.	Продолжительность работ													
				февр			март			апр			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4														
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4														

№	Вид работ	Исп	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность работ												
				февр			март			апр			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
3	Обзор научной литературы	Исп2	11		■											
4	Выбор методов исследования	Исп2	6			■										
5	Планирование эксперимента	Исп1	7			■										
		Исп2				■										
6	Подготовка материалов	Исп2	9				■	■								
7	Проведение эксперимента	Исп2	25					■	■	■						
8	Обработка полученных данных	Исп2	18								■	■				
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1	5									■				
		Исп2										■				
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13										■	■	■	

■ – Исп. 1 (инженер), ■■■ – Исп. 2 (научный руководитель)

### 4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

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

### 4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты состоят из приобретаемых со стороны сырья и материалов, окупных комплектующих изделий и полуфабрикатов, расходных материалов на канцелярские товары, дисков, картриджей и т.д.

Результаты всех расчетов стоимости изготовления бинарных оксидных наногетероструктурных материалов представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Стоимость изготовления бинарных оксидных наногетероструктурных материалов.

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Гексагидрат нитрата цинка (Zn(NO <sub>3</sub> )·6H <sub>2</sub> O)	кг	0.275	16840	4631
Тригидрат нитрата меди (Cu(NO <sub>3</sub> )·3H <sub>2</sub> O)	л	0.05	2580	129
Деионизированная вода	л	0.03	22	0.66
Бромид цетилтриметиламмония	кг	0.1	9730	973
раствор NaOH	кг	0.1	305	30.5
Перчатки резиновые, технические	шт.	1	520	520
Кремний	пар	1	112	112
Итого:				6396.16

### 4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

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

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

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

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

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (4.6)$$

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;  $m$  – время использования, мес.

Таблица 4.12 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Ко- л- во, шт	Срок полезного использования, лет	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	Вакуумная установка УВН- 05МД «КВАНТ»	1	15	1300000	1213
2	РФА- установка ДРОН- 3М	1	20	180000 0	7500
3	Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ) JEM- 2100F)	1	2	1800000	12000
4	Нанотвердомер «NanoTest 600»	1	10	25000	208
<b>Итого:</b>	20921. руб.				

### 4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата  $Z_{осн}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.7)$$

где  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.} \quad (4.8)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (4.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{зп}} + k_{\text{д}}) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{зп}} + k_{\text{д}}) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.} \quad (4.11)$$

где  $Z_{\text{мс}}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{\text{зп}}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_p$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		

Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{м}, руб$	$k_{зр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}, руб$	$Z_{дн}, руб$	$T_{р}, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	13,5	28988,6
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	68,5	119402,4
Итого:								148391

#### 4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{дон} = K_{дон} \times Z_{осн} = 0,15 \times 28988,6 = 4348,3 \text{ руб} \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$Z_{дон} = K_{дон} \times Z_{осн} = 0,15 \times 119402,4 = 17910,4 \text{ руб} \quad (4.13)$$

где  $k_{дон}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

#### 4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} (Z_{осн} + Z_{дон}) = 0,3 \times (28988,6 + 4348,3) = 10001,1 \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} (Z_{осн} + Z_{дон}) = 0,3 \times (119402,3 + 17910,4) = 41193, \quad (4.15)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

### 4.3.6 Накладные расходы

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

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (4.16)$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

Накладные расходы в целом:

$$Z_{накл} = (6396,16 + 20921 + 148391 + 35843,45 + 51194,9) \cdot K_{нр} = 208068,78 \cdot 0,2 = 131373,3 \text{ руб.}$$

### 4.3.7 Бюджетная стоимость НИР

Таблица 4.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого бюджетная стоимость
20921	6396,16	148391	35843,45	51194,9	248883,1

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Разработка технологии получения ториевого концентрата из отвального монацита Туганского месторождения по форме, приведенной в таблице 4.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Аналог.1	Аналог.2	



1	Материальные затраты НИР	6396,16	824	7845,3	Пункт 4.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	20921	2133,2	16934,7	Пункт 4.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	148391	122143,3	122143,3	Пункт 4.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22758,7	18321,4	18321,4	Пункт 4.3.4
5	Отчисления во внебюджетные фонды	51194,2	42139,4	42139,4	Пункт 4.3.5
6	Накладные расходы	31386,9	29689,8	33181,5	Пункт 4.3.6
Бюджет затрат НИР		248883,1	253451,7	269397,5	Сумма ст. 1- 6

#### **4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

##### **4.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности**

Научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Определим значения показателя для разрабатываемой технологии и аналогов, приведенных в пункте 4.1.1 данной работы.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.17)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения.

Текущ.проект = 248883,1 руб, Финр.2 = 223994,8 руб, Финр.3 = 226483,6 руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.1}} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}} = 223994,8 \div 248883,1 = 0,9$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.2}} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}} = 226483,6 \div 248883,1 = 0,91$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.3}} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}} = 248883,1 \div 248883,1 = 1$$

После сравнения совокупных финансовых показателей трех вариантов развития более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности является вариант 1.

#### 4.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Вариантов выполнения НИР ( $I_{ri}$ ) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

исследования Критерии	Объект	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1.1. Безопасность при использовании установки		0,15	4	4	4
2. Стабильность работы		0,2	4	4	5
3. Технические характеристики		0,2	5	3	54
4. Механические свойства		0,3	5	4	3
5. Материалоёмкость		0,15	5	4	5

ИТОГО	1	4,65	3,8	4,05
-------	---	------	-----	------

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p-вар1} = 4,65 ;$$

$$I_{p-вар2} = 3,8 ;$$

$$I_{p-вар3} = 4,05 ;$$

#### 4.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр.i}} \quad (20)$$

$$I_{вар1} = \frac{4,65}{0,9} = 5,18; \quad I_{вар2} = \frac{3,8}{0,91} = 4,18; \quad I_{вар3} = \frac{4,05}{1} = 4,05.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НТР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.18).

Таблица 4. 18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,9	0,91	1

2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,8	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,18	4,18	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,78

Сравнение показателей среднего балла сравниваемых вариантов привело к следующему выводу: Вариант 3 (развитие) был более приемлемым с финансовой и ресурсной точки зрения, поскольку показатель сравнительной эффективности, связанный с каждым сравниваемым вариантом, был больше 1.

### **Выводы по разделу**

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

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

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 102 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 98 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 20 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 248883,1 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,90, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

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

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

## ГЛАВА 5. «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Объектом исследования являются бинарные оксидные наногетероструктуры ( $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ ,  $\text{CuO-ZnO}$ ).

Исследование выполнялось в лаборатории Национального исследовательского Томского политехнического университета (ауд. 039 10 корпуса ТПУ). Лаборатория оснащена оборудованием для проведения исследований в области материаловедения и технологии материалов. Размеры помещения: высота 4 м, ширина 4.5 м, длина 8 м, площадь  $108 \text{ м}^3$ .

В процессе проведения исследования выполняли следующее: размер и форму наноструктурный оксида цинка наблюдали с помощью просвечивающего электронного микроскопа, оптические свойства наноструктурный оксида цинка изучали с помощью рамановского спектрометра.

С целью оценки степени безопасности исследования свойств бинарных наноструктурных оксидов  $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$  и  $\text{CuO-ZnO}$  для фотокаталитических устройств в данном разделе ВКР необходимо рассмотреть правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности; потенциальные вредные и опасные факторы и способы снижения их воздействия; экологическую безопасность научного проекта, а также вопросы безопасности в чрезвычайных ситуациях.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

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

Организации должны соблюдать требования трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ [13].

Некоторые виды деятельности в нанотехнологических лабораториях являются работами в тяжелых и вредных условиях. Гарантии и компенсации для таких работников связаны с:

- повышенной оплатой труда;
- сокращенной продолжительностью рабочего времени;
- дополнительным оплачиваемым отпуском;
- обеспечением лечебно-профилактическим питанием;
- досрочным назначением трудовой пенсии.

Компенсации и гарантии регламентируются в трудовом кодексе Российской Федерации [13], в локальных нормативных актах, в коллективном договоре и трудовом договоре.

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя**

Рабочее место располагается в подвале в 039 аудитории учебного корпуса Национального исследовательского Томского политехнического университета, лаборатория представляет собой комнату размером 3 м на 4.5 м, высотой 8 м, в лаборатории находится 2 окна (с видимым светом), постоянно 4 человека.

При проведении лабораторных работ работник лаборатории находится в положении стоя или сидя. Следовательно, при организации рабочего места лаборанта требуется соблюдение нормативов ГОСТ 12.2.032-78 [14] и ГОСТ 12.2.033-78 [15].

Лаборатория оснащена отоплением и вентиляцией. Для отделки помещений используют диффузно-отражающие материалы. Поверхность пола соответствует следующим требованиям: ровность, удобство для очистки, наличие антистатических свойств, отсутствие выбоин. В помещении держат аптечку первой медицинской помощи и огнетушитель. Расположение рабочего

стола обеспечивает удобство работы за ним и дает возможность осмотра, а также ремонта находящегося на нем оборудования.

## 5.2 Производственная безопасность

Исследование выполнялось в лаборатории Томского политехнического университета (ауд. 039 10 корпуса). Для проведения исследования применяли просвечивающий электронный микроскоп, романовский спектрометр.

Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 [16]. Перечень выявленных возможных опасных и вредных факторов представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработ ка	Изготовл ение	Эксплуат ация	
1. Превышение уровня шума		+		ГОСТ 12.1.003-2014 [17] СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [18] ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ [19]
2. Отклонение показателей микроклимата	+	+		ГОСТ 12.1.005-88 [20] ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ [21] СанПиН 1.2.3685-21 [22] ГОСТ 12.4.011-89 [23]
3. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 [24] ГОСТ Р 12.1.019-2009 [25]
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+		СанПиН 1.2.3685-21 [23]

### 5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

#### 5.2.1.1 Анализ показателей шума

Гигиенические нормативы по шуму устанавливаются национальным законодательством [17].



В таблице 5.2 показаны допустимые уровни шума представленные в Санитарных нормах [18].

Таблица 5.2 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Работа инженера в лаборатории относится к категории работ с легкой степенью напряжённости и с легкой физической нагрузкой. Для рабочих мест таких работников предельно допустимый уровень шума составляет 80 дБА.

Длительное воздействие шума является причиной возникновения определенных заболеваний нервной системы.

С воздействием шума, превышающего норму, связано повышение артериального давления, снижение слуха, и т. п. [19].

Показатели уровня шума в лаборатории соответствуют нормативам.

При превышении норм по шуму нужно принимать меры по снижению уровня шума и защите работников от его воздействия в соответствии с [19], используя в том числе такие меры, как:

- применение противозумных наушников;
- оборудование акустических экранов;

Кроме того, необходимо рационально размещать рабочие места, а также создавать шумозащищенные зоны.

### 5.2.1.2 Анализ показателей микроклимата

Показателями микроклимата производственных помещений называются температура и относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха [19].

В таблице 5.3 обозначены оптимальные и допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне производственного помещения для категории работ «Легкая Ia» по ГОСТ 12.1.005-88 [20].

Таблица 5.3 – Требования к микроклимату помещения для категории работ «Легкая Ia»

Период года	Температура, °C					Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
	оптимальная	допусти мая				оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных
		верхняя граница		нижняя граница					
		на рабочих местах							
	посто- янных	не- посто- янных	пос- тоян- ных	не- посто- янных					
Холод- ный	22- 24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	Не более 0,1
Теплый	23- 25	28	30	22	20	40-60	55 (при 28°C)	0,1	0,1-0,2

Влажность воздуха влияет на терморегуляцию организма: с высокой влажностью связано затруднение терморегуляции, слишком низкая влажность приводит к пересыханию слизистой оболочки дыхательных путей.

Движение воздуха в значительной степени отражается на самочувствии человека: результатом движения воздуха меньше нормы является головная

боль; вследствие движения воздуха больше нормы возможны переохлаждение и простудные заболевания.

Если температуры окружающего воздуха высокие, то это может приводить к перегреву, обмороку, тепловому удару, обезвоживанию. Если температура окружающего воздуха на рабочем месте слишком низкая, то это может приводить к простудным заболеваниям, снижению иммунитета, замерзанию [21].

В лаборатории существует опасность, что скорость движения воздуха недостаточна, и исследователи не могут работать в этой среде в течение длительного периода времени.

В ходе выполнения данной ВКР в лаборатории используется нитробензол ( $C_6H_5NO_2$ ). Данные вещества относятся к четвертому классу опасности – малоопасные вещества [22], их ПДК –  $1.205 \text{ г/см}^3$  [23].

В случае превышения ПДК вредных веществ в воздухе у работников лаборатории может случиться головокружение, потеря сознания, нарушение памяти и пр. Порошки могут вызвать бронхиальную астму и расстройство кишечного тракта. Возможно раздражение кожного покрова, глаз. Порошки способны вызывать аллергические заболевания. Последствия для человека от запылённости наночастицами могут быть весьма серьезны – это болезни дыхательной системы, ее внутренние повреждения, повышенная вероятность появления аллергий и раздражений.

На предприятиях, производственная деятельность которых связана с вредными веществами, должны быть разработаны нормативно-технические документы по безопасности труда при производстве, применении и хранении вредных веществ, а также выполнены комплексы организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий.

Необходимо аккуратно работать с порошками, при проветривании помещения, необходимо убирать порошки от прямого воздействия поступающего воздуха. Уменьшению запыленности помещений могут служить также следующие меры: соблюдение герметичности оборудования; недопущение скопления

оседающей пыли на оборудовании; ежедневная текущая очистка помещений и регулярная генеральная уборка пыли с использованием централизованной системы пневмоуборки. Для предотвращения попадания вредных веществ в организм работника рекомендуется использовать респираторы, противогазы, маски; очки; перчатки; специальная противопылевая одежда; защитные пасты и мази [24]. Контролем содержания вредных примесей в воздухе и на рабочих местах занимается санитарная лаборатория.

Для обеспечения соответствия показателей микроклимата требуемым оптимальным и допустимым нормам следует проводить измерение показателей микроклимата в соответствии с требованиями, представленными в СанПиН 1.2.3685-21 [23].

Чтобы поддерживать требуемые параметры микроклимата в рабочей зоне, используют защиту от источников теплового излучения, систему вентиляции, кондиционирование воздуха, отопление, влажную уборку, увлажнение воздуха.

В лабораториях материаловедения требуется выполнение санитарно-гигиенических, медико-биологических и организационно-технических мероприятий:

- вентиляция и очистка воздуха;
- кондиционирование воздуха;
- локализация вредных факторов;
- отопление;
- автоматический контроль и сигнализация;
- дезодорация воздуха;
- использование оборудования и препаратов для дезинфекции, оградительных устройств, знаков безопасности;
- применение перчаток и респираторов в качестве средств защиты рук и органов дыхания [24].

### 5.2.1.3 Анализ электробезопасности

Электрический ток рассматривается в качестве повышенного источника опасности. В таблице 5.4 выделены предельно допустимые значения электрического тока при неаварийном режиме работы электрооборудования [25].

Таблица 5.4 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Род тока	$U, В$	$I, мА$
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Основными источниками поражения электрическим током являются поврежденная проводка, розетка, выключатель и открытые металлические участки электроприборов.

К основным причинам воздействия тока на человека относятся ситуации: 1) человек случайно прикасается или приближается на опасное расстояние к токоведущим частям; 2) в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала на металлических частях оборудования появляется напряжение; 3) напряжение появляется на отключённых токоведущих частях, где работают люди, в связи с ошибочным включением установки; 4) провод замыкается на землю, в результате чего появляется шаговое напряжение на поверхности земли [26].

Электрический ток оказывает на человека следующие виды воздействия:

1) термическое – приводит к ожогам, нагреву кровеносных сосудов и других органов, вследствие чего в них появляются функциональные расстройства;

2) электролитическое – для электролитического действия тока характерно разложение крови и других органических жидкостей, что приводит к нарушениям их физико-химического состава;

3) механическое – повреждения (разрыв, расслоение и др.) различных тканей организма в результате электродинамического эффекта;

4) биологическое – может являться причиной нарушения и полного прекращения деятельности органов дыхания и кровообращения [27].

Электробезопасность включает следующие технические и организационные средства и мероприятия, предназначенные для обеспечения защиты людей от воздействия тока:

- выполнение электроустановок в соответствии с требованиями электробезопасности;
- использование электрического разделения;
- применение системы защитных проводов; применение электрического разделения сети [29].

#### **5.2.1.4 Анализ показателей освещенности рабочей зоны**

Нормы освещения лабораторий по [23] представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения в лабораториях

Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонтальная, В – вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение КЕО $e_n$ , %		Совмещенное освещение КЕО $e_n$ , %		Искусственное освещение				
	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	Освещенность, лк		Показатель диска форта, М, не более	Коэффициент пульсации и освещенности, КЕО $e_n$ , %, не более	
					при комбинированном освещении	при общем освещении			всего
Г-0,8	2.4	1.9	2.0	0,5	397	255	367	37	37

В результате неблагоприятных условий освещения может утомляться зрительный анализатор, снижаться работоспособность, могут появляться профессиональные заболевания [30].

С неблагоприятными условиями освещения связано повышенное утомление и развитие близорукости. Неблагоприятные условия освещения вызывают повышенное утомление и апатию.

Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения способствует световому голоданию и снижению интенсивности обмена веществ в организме.

Для правильного освещения в лаборатории необходимо верно выбирать вид освещения, количество и расположение ламп, тип осветительных приборов. Лаборатория должна быть освещена верхним общим освещением.

Используемое в лаборатории освещение обеспечивает достаточную освещенность рабочей поверхности, освещенность стабильная, без блескости и без теней.

### **5.3 Экологическая безопасность**

В процессе проведения исследования выполняли анализ оптических свойств гетероструктуры  $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ .

*Защита селитебной зоны.* При выполнении исследования нет необходимости применения особых средств защиты селитебной зоны. Лаборатория соответствует нормативным документам [31].

*Защита атмосферы.* Одним из возможных вредных факторов для окружающей среды при проведении исследования может быть нежелательное испарение используемых продуктов. Для изготовления наногетероструктурного материала  $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$  смешивали оксид галлия и оксид цинка. Средства защиты атмосферного воздуха от выбросов включают очистку выбросов от примесей в специальных аппаратах, таких как циклоны,

обеспечивающих улавливание частиц крупнее 5 мкм с эффективностью до 0,95, рукавные фильтры – улавливание частиц крупнее 0,1 мкм с эффективностью до 0,999, и устройствах перед поступлением газов в атмосферу; рассеивание очищенных выбросов в атмосферном воздухе. Испарения, появляющиеся при проведении исследования, не превышают ПДК [32].

*Защита гидросферы.* Плотный массив тонкопленочных нанокмполитов ZnO наносили на подложку Si с использованием горизонтальной трубчатой печи по механизму «газ – твердое тело» в течение 60 минут. 58 мг порошка ZnO помещали в керамическую лодочку, загружали в центральную зону печи и выпаривали при 1000 в присутствии проточного газа-восстановителя  $H_2$  0,1 л / мин. Выпаренный реагент переносили газом-носителем  $N_2$  0,6 л / мин и помещали на расстоянии 23 см от лодочки-источника. Затем на подготовленном шаблоне ZnO-Si была выращена пленка  $Ga_2O_3$  с образованием двухслойного пленочного нанокмполита  $Ga_2O_3$ -ZnO. Все инструменты после эксперимента промываются проточной водой из-под крана, что может нанести вред гидросфере. Для создания замкнутых систем водоснабжения промышленные сточные воды подвергаются очистке механическими, химическими, физико-химическими, биологическими и термическими методами до необходимого качества. Для очистки сточных вод от органических растворителей используют методы экстракции, ректификации, абсорбция, обратный осмос и ультрафильтрация и др. Превышение ПДК может оказать пагубное влияние на употребляющих такую воду людей, скот и растения. Концентрация в воде отходов, образовавшихся в процессе исследования, настолько мала, что вреда окружающей среде не принесет.

*Защита литосферы.* Попадая в литосферу, порошковые материалы могут менять микробиологическую и ферментативную активность почв, активно вступая во взаимодействие с живыми организмами, обитающими в



этой среде. Утилизация отходов должна осуществляться в соответствии с действующим законодательством. Твердые отходы, а также порошковые системы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения. Утилизация одноразовых средств индивидуальной защиты должна проходить в специальные герметичные контейнеры.

Таким образом, можно сказать, что в работе применены малоотходные технологии, исключая попадание в атмосферу, гидросферу и литосферу вредных веществ в количестве, превышающем ПДН.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Под чрезвычайными ситуациями понимаются опасные события или явления, в результате чего нарушается безопасность жизнедеятельности.

К основным причинам возникновения чрезвычайных ситуаций относятся две категории: 1) внешние – стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов и т. д.; 2) внутренние – сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина и т. п.

В лаборатории наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. ЧС техногенного характера называются ситуации, которые возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах; пожаров, взрывов на объектах; загрязнения атмосферы отравляющими веществами. Следствием ЧС техногенного характера могут быть внезапное обрушение зданий и сооружений, нарушение работы энергетических сетей, коммунального жизнеобеспечения, очистных сооружений, технологических линий и т. д.

В случае возникновения ЧС на предприятии, в лаборатории необходимо выполнить следующий комплекс мероприятий: 1) эвакуация; 2) укрытие людей

в защитных сооружениях; 3) обеспечение индивидуальными средствами защиты; 4) организация медицинской помощи пострадавшим.

В качестве наиболее распространенной вероятной ЧС в лаборатории выделяют пожар.

Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к классу П-II, так как в нем т. к. в нём присутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии [33].

Причины возникновения пожара могут быть электрического и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня); самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия: а) сотрудникам лаборатории необходимо пройти противопожарный инструктаж; б) необходимо знание сотрудниками расположения средств пожаротушения и умение ими пользоваться; в) требуется обеспечить правильный тепловой и электрический режим работы оборудования; г) пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения необходимо содержать в исправном состоянии и располагать на видном и легко доступном месте.

Если в организации возник пожар, то после его ликвидации определяется возможность дальнейшего использования оборудования и имеющихся коммуникаций. В лаборатории исследовательское оборудование, трубопроводы, электрооборудование проверяются на соответствие их состояния нормам пожарной безопасности. В случае отсутствия повреждений можно продолжать работу [34].

## **Выводы по разделу**

В результате проведенных исследований в рамках раздела «Социальная ответственность» были изучены правовые нормы трудового законодательства при проведении исследования свойств бинарных наноструктурных оксидов  $Ga_2O_3-ZnO$  для фотокаталитических устройств.

Проанализированы основные вредные и опасные факторы, которые могут возникать в процессе исследований в лаборатории, при разработке и эксплуатации проекта: показатели микроклимата, уровень шума, освещенность рабочей зоны, значения опасности электрической цепи, потенциальные опасности пожара. Были описаны мероприятия по снижению уровней воздействия данных факторов.

Рассмотрен характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. В процессе выполнения исследования было выявлено, что микропорошок и отходы, полученные в ходе исследований, не оказывали влияние на гидросферу и литосферу. Во избежание загрязнения окружающей среды отходы утилизировались в строгом соответствии с соответствующими документами.

Проанализированы природные и технические чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть в лаборатории. Для предотвращения чрезвычайных ситуаций были разработаны превентивные меры, а также разработаны процедуры для обработки чрезвычайных ситуаций. Таким образом, при проведении лабораторных исследований могут применяться требования и меры, указанные в работе, а также порядок действий при чрезвычайных ситуациях также может быть задействован на производстве.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Drought Z., Anlu J., Hui Z. Development of Chemical Oxygen Demand On-Line Monitoring System Based on a Photoelectrochemical Degradation Principle//Environmental Science & Technology – 2006. – Vol. 40. – P. 2363 – 2368
2. Tayurskaya G.V., Maslennikova Yu.S. Semiconductor electronics // G.V. Tayurskaya – 2015, – Vol. 8. – P. 172 – 262.
3. Ivanaga H., Unishige A., Takeuchi S. Anazotropic thermal expansion in wurtzite-type crystals // Journal of Physical Chemistry – 2000, – Vol. 35. – P. 2451 – 2454.
4. Hussainova, I., Dragon Z. A kind of preparation method of high-yield nano-zinc oxide // Baidu Encyclopedia – 2017, – Vol.5. – P. 27.
5. Qiyang Y., Jie X., Changyuan X. Study on the physicochemical properties of nano-zinc oxide // Agricultural development and equipment – 2019, – Vol. 4. – P. 410 – 423.
6. Amol P., Dilip A., Anil G. Polycyclic Aromatic Compounds // Gallium Oxide ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ): An Efficient Heterogeneous Nanocatalyst for One Pot – 2021, – Vol.20. – P. 195 – 795
7. Xiqiu W., Wenchang Z., Xinze L. Study on the physicochemical properties of nano-gallium oxide // Acta Intraocular Crystallography – 2019, – Vol. 48. – P. 12
8. Xingbin B., Xinmei J., Chunyan C., Zhiguang Y. Preparation and Properties of Nano-Copper Oxide // Chemical Technology and Development – 2019, – Vol. 43. – P. 466 – 001.
9. Jubu R., Yam F., Pannan K. Structural, optical and electrochemical transient photoresponse properties of  $\text{ZnO}/\text{Ga}_2\text{O}_3$  nanocomposites prepared by two-step CVD method // International Journal of Hydrogen Energy – 2021, – Vol. 46. – P. 33087 – 33097.

10. Akram A., Ibrahim K., Manzar S., Ahsanulhaq Q. Au/Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO heterostructure nanorods arrays for effective photoelectrochemical water splitting // Solar Energy – 2019, – Vol. 181. – P. 333 – 338.
11. Xiao L., Sun Y. Preparation and gas sensing properties of CuO-ZnO heterostructured nanomaterials // Journal of Materials Chemistry – 2016, – Vol. 27. – P. 537 – 226.
12. Liang X., Ping W., Zhifeng L., Dehong L., Ying W. Preparation and Properties of CuO/ZnO Composite Photocatalysts // Journal of Materials Research – 2018. – Vol.747. – P.747-754
13. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 02.12.2019).
14. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).
15. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).
16. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (дата введения: 01.03.2017).
17. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (дата введения: 01.11.2015).
18. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г.).
19. ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация (дата введения: 01.07.1981).
20. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (дата введения: 01.01.1989).
21. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (дата введения: 01.01.1977).
22. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека

- факторов среды обитания» (утв. Постановлением № 2 от 28 января 2021 г.).
23. ГОСТ 12.4.011-89. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация (дата введения: 01.07.1990).
24. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов (дата введения: 01.07.1983).
25. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (дата введения: 01.01.2011).
26. Влияние шума на организм человека [Электронный ресурс] // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Карачаево-Черкесской республике. – 2011. – URL: <http://09.rospotrebnadzor.ru/content/vliyanie-shuma-na-organizm-cheloveka> (дата обращения: 01.11.2021).
27. Микроклимат на рабочем месте [Электронный ресурс] // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области – Кузбассу. – 2016. – URL: <http://42.rospotrebnadzor.ru/content/874/54136/> (дата обращения: 15.11.2021).
28. Мушников, В. С. Условия труда работающих: влияние нагревающего микроклимата промышленных помещений на организм человека: Методическая разработка / В. С. Мушников, В. В. Вьюхин, В. И. Лихтенштейн, Л. Г. Турчанинов. – Екатеринбург: УрФУ, 2019. – 22 с.
29. Назаренко, О. Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 144 с.
30. Куликов, Г. Б. Безопасность жизнедеятельности: учебник / Г. Б. Куликов. – М.: МГУП, 2010. – 408 с.
31. Михалёва, К. А. Влияние параметров световой среды на здоровье человека / К. А. Михалёва [Электронный ресурс] // Городской округ Верхотурский. – 2017. – URL: <http://adm->

verhotury.ru/social/helth/media/2017/10/16/vliyanie-parametrov-svetovoj-sredyi-na-zdorove-cheloveka/ (дата обращения: 24.01.2022).

32. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (с изменениями на 14 февраля 2022 года).
33. ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ (с изменениями от 30 апреля 2021 года).
34. ВНЭ 5-79. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности (утв. Министерством химической промышленности 25 июля 1979 г.).