

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 22.03.01. Материаловедение и технологии материалов

Отделение школы Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Изучение агрегации наночастиц меди в водных суспензиях для прогнозирования ее влияния на корнеобразование высших растений

УДК: 546.56-022.532:581.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Хэ Яньни		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Годымчук А.Ю.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук	Былкова Т.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения общетехнических дисциплин	Сечин А.А.	д.т.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Ваулина О.Ю.	к.т.н.		

Томск – 2021 г.

**Результаты обучения по направлению
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-4), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-8, ПК-11), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.4, 4.8)
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.2, 4.3, 4.7, 4.8)
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 3.1, 3.2, 3.3), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий	Требования ФГОС (ПК-3, 4, 6, 7, 11, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.4, 4.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.3, п. 2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-10, ПК-14), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4, 4.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4, 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-7), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство	Требования ФГОС (ОК-8, ОК-9, ПК-12, ОПК-5), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1, 4.3, 4.4, 4.6, 2.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.12), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-19), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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 – 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»
 Отделение – Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
О.Ю. Ваулина
 « 26 » апреля 2021 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
154Б72	Хэ Яньни

Тема работы:

Изучение агрегации наночастиц меди в водных суспензиях для прогнозирования ее влияния на корнеобразование высших растений		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Утверждена приказом директора (дата, номер)</td> <td style="width: 40%;">№ 57-53/с от 26.02.2021</td> </tr> </table>	Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 57-53/с от 26.02.2021
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 57-53/с от 26.02.2021	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10.06.2021г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1) Литературные источники: www.sciencedirect.com, www.yandex.ru 2) Объекты исследования: наноразмерные порошки Cu и Zn, полученные методом электрического взрыва порошка 3) Экспериментальные данные, полученные в лаборатории НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии» отделения материаловедения Томского политехнического университета 4) Требования к продукту: методики исследования наночастиц, распределения частиц по размерам, прогнозирование влияния на растения
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) сделать обзор литературы на тему «Наночастицы: определение, классификация, применение и получение» и «Влияние наночастиц меди на высшие растения»; 2) изучить метод лазерной дифракции и показать его возможности при изучении литературы; 3) провести дисперсионный анализ наночастиц Cu и Zn с помощью сканирующей электронной микроскопии; 4) показать влияние размера и состава наночастиц и состава среды на дисперсионные свойства наночастиц в водных суспензиях с помощью метода лазерной дифракции и сравнить с литературными данными; 5) сделать прогноз влияния исследуемых наночастиц Cu и Zn на корнеобразование высших растений.

Перечень графического материала	Микрофотографии нанопорошков, гистограммы распределения частиц по размерам в суспензии.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Былкова Т.В.
Социальная ответственность	Сечин А.А.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	26.04.2021
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Годымчук А.Ю.	к.т.н.		26.04.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Хэ Яньни		26.04.2021

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 – 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»
 Отделение – Отделение материаловедения
 Уровень образования – Бакалавриат
 Период выполнения – Весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2020 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела	Максимальный балл раздела
10.05.2021	Литературный обзор	20
20.05.2021	Экспериментальная часть	20
30.05.2021	Результаты и их обсуждение	30
03.06.2021	Финансовый менеджмент	15
30.05.2021	Социальная ответственность	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Годымчук А.Ю.	к.т.н.		06.06.2020

СОГЛАСОВАНО:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Ваулина О.Ю.	к.т.н.		06.06.2020

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 60 страниц, 29 рисунка, 24 таблицы и 54 источников.

Ключевые слова: наночастицы меди и цинка, суспензии наночастиц, распределение частиц по размерам, средний размер частиц, лазерная дифракция, агрегация наночастиц, фитотоксичность, корнеобразование.

Объекты исследования: нанопорошки Cu и Zn.

Целью выпускной квалификационной работы является определение влияния размера наночастиц меди и состава среды на степень агрегации наночастиц меди в водных суспензиях для прогнозирования их влияния на корнеобразование высших растений.

В работе показано влияние размера электровзрывных наночастиц Cu (50, 100 и 200 нм), времени УЗ обработки и состава дисперсионной среды на дисперсионные свойства суспензий с применением методов лазерной дифракции и сканирующей электронной микроскопии. Сделан прогноз влияния суспензий наночастиц на корнеобразование растений.

Экономическая значимость работы заключается в прогнозировании влияния наночастиц Cu и Zn на корнеобразование растений и возможности применения этих данных в сельском хозяйстве.

В будущем планируется определить оптимальные размеры и концентрации наночастиц Cu и Zn и оценить их действие на морфометрические параметры проростков высших растений для применения в сельском хозяйстве.

Принятые сокращения:

НЧ – наночастицы;

ЭВП – электрический взрыв проводника;

СЭМ – сканирующая электронная микроскопия;

ЛД – лазерная дифракция;

GS – раствор глюкозы;

PBS – физиораствор;

Cu-50 – наночастицы со средним размером 50 нм;

Cu-100 – наночастицы со средним размером 100 нм;

Cu-200 – наночастицы со средним размером 200 нм;

Zn-60 – наночастицы цинка со средним размером 60 нм.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	9
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	10
1.1. Наночастицы.....	10
1.1.1. <i>Определение и классификация наночастиц.....</i>	<i>10</i>
1.1.2. <i>Получение наночастиц меди.....</i>	<i>10</i>
1.1.3. <i>Применение наночастиц меди.....</i>	<i>13</i>
1.1.4. <i>Биологические свойства наночастиц.....</i>	<i>14</i>
1.2. Метод лазерной дифракции.....	17
1.2.1. <i>Основы метода лазерной дифракции.....</i>	<i>17</i>
1.2.2. <i>Применение метода лазерной дифракции.....</i>	<i>19</i>
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	22
2.1. Объекты исследования.....	22
2.2. Сканирующая электронная микроскопия.....	22
2.3. Приготовление суспензий наночастиц.....	23
2.4. Метод лазерной дифракции.....	23
3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	25
3.1. Анализ экспериментальных данных.....	25
3.1.1. <i>Характеристика наночастиц.....</i>	<i>25</i>
3.1.2. <i>Влияние размера частиц на дисперсионные свойства наночастиц.....</i>	<i>27</i>
3.1.3. <i>Влияние состава среды на дисперсионные свойства наночастиц.....</i>	<i>29</i>
3.1.4. <i>Влияние состава наночастиц на дисперсионные свойства суспензий.....</i>	<i>29</i>
3.1.5. <i>Влияние времени УЗ обработки на дисперсионные свойства суспензий.....</i>	<i>30</i>
3.2. Прогнозирование биологических свойств наночастиц.....	31
3.2.1. <i>Влияние размера наночастиц на корнеобразование растений.....</i>	<i>31</i>
3.2.2. <i>Влияние состава среды и состава наночастиц на корнеобразование.....</i>	<i>32</i>
3.2.3. <i>Влияние состава наночастиц на корнеобразование.....</i>	<i>32</i>
3.3. Выводы.....	33
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	34
4.1. Анализ конкурентных технических решений.....	34
4.2. SWOT-анализ.....	36
4.3. Структура работ в рамках научного исследования.....	39
4.4. Трудоемкость выполнения работ и график проведения исследования.....	40
4.5. Бюджет научно-технического исследования.....	42
4.6. Определение ресурсной, социальной и экономической эффективности исследования.....	46
4.7. Выводы по разделу.....	48

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	49
5.1. Анализ выявленных вредных факторов.....	49
5.1.1. Микроклимат производственной среды.....	51
5.1.2. Анализ выявленных опасных факторов.....	51
5.1.3. Анализ показателей шума.....	52
5.1.4. Анализ освещенности рабочей зоны.....	53
5.2. Охрана окружающей среды.....	55
5.2.1. Защита в чрезвычайных ситуациях.....	55
5.2.2. Анализ электробезопасности.....	56
5.2.3. Анализ пожарной безопасности.....	56
5.3. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	57
5.4. Выводы по разделу.....	58
6. СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	59
7. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	60

ВВЕДЕНИЕ

С широким использованием наночастиц (НЧ) Cu [1, 2] все больше и больше НЧ попадают в окружающую среду по различным каналам и которые могут влиять на окружающую среду [3, 4]. Растения являются наиболее важным звеном в экосистеме, и подвержены сильному негативному влиянию НЧ [3, 5]. Поэтому изучение влияния НЧ Cu на рост растений важно для понимания влияния НЧ на растения.

Биологические свойства НЧ тесно связаны с коллоидными свойствами НЧ при попадании в среду прорастания и образуя водные суспензии [6- 8]. В разных работах авторы связывают агрегационное состояние НЧ с их фитотоксичностью [9]. Не смотря на высокую актуальность, до сих пор очень мало данных о поведении НЧ в водных средах, и тем более о прогнозировании биологических свойств с учетом их коллоидного состояния.

Целью выпускной квалификационной работы является определение влияния размера НЧ Cu и состава среды на степень агрегации НЧ Cu в водных суспензиях для прогнозирования их влияния на корнеобразование высших растений.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) сделать обзор литературы на тему «Наночастицы: определение, классификация, применение и получение» и «Влияние наночастиц Cu на высшие растения»;
- 2) изучить метод лазерной дифракции и показать его возможности при изучении литературы;
- 3) провести дисперсионный анализ наночастиц Cu и Zn с помощью СЭМ;
- 4) показать влияние размера и состава наночастиц и состава среды на дисперсионные свойства НЧ в водных суспензиях с помощью метода лазерной дифракции и сравнить с литературными данными;
- 5) сделать прогноз влияния исследуемых наночастиц Cu и Zn на корнеобразование высших растений.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Наночастицы

1.1.1. Определение и классификация наночастиц

Наноматериалы – материалы, созданные с использованием НЧ и/или посредством нанотехнологий, обладающие какими-либо уникальными свойствами, обусловленными присутствием этих частиц в материале. К наноматериалам относят объекты, один из характерных размеров которых лежит в интервале от 1 до 100 нм [10].

Наночастица – изолированный твёрдофазный объект, имеющий отчётливо выраженную границу с окружающей средой, размеры которого во всех трёх измерениях составляют от 1 до 100 нм [11].

Нанопорошок – твердое порошкообразное вещество искусственного происхождения, содержащее нанобъекты, агрегаты или агломераты нанобъектов либо их смесь (размер всех частиц которого менее 100 нм) [12].

Наноматериалы бывают 0D, 1D и 2D: 0D нанобъекты – объекты, у которых все 3 пространственных размера <100 нм. Примером являются квантовые точки; 1D нанобъекты – объекты, которые имеют нанометровые размеры в двух измерениях, а в третьем – макроскопический размер, например, углеродные нанотрубки; 2D нанобъекты имеют нанометровый размер только в одном измерении, а в двух остальных этот размер будет макроскопическим. К таким объектам относят плёнки, покрытия, мембраны, многослойные гетероструктуры [13].

1.1.2. Получение наночастиц меди

НЧ меди можно получить разными способами, включая биохимический синтез, метод осаждения, термолиз раствора и ЭВП.

С помощью биохимического метода НЧ Cu были синтезированы путем восстановления ионов Cu^{2+} аскорбатом натрия с использованием желатина в качестве стабилизатора. При добавлении аскорбата натрия и облучении реакционной смеси микроволнами мощностью 70 Вт светло-голубой раствор CuSO_4 начал мутнеть и изменять окраску от желто-зеленого до кирпично-красного с получением НЧ Cu с размером 590 нм [14].

В другой работе НЧ Cu с размером 25-45 нм получали с помощью химического восстановления ионов Cu^{2+} (приготовленного из соли $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) при pH=11 с помощью

10% раствора гидразингидрата ($N_2H_4 \cdot H_2O$) в присутствии 0,4% раствора додецилсульфата натрия в качестве стабилизатора [15].

В другой работе НЧ меди с размером 25-60 нм получили с помощью термолиза оксалата меди CuC_2O_4 в постоянном токе CO_2 . Термолиз оксалата меди, предварительно обработанного NH_3 (1:1) и прокаленного до постоянной массы при $800^\circ C$, проводили в кварцевой трубке (рис. 1.1), соединенной с аппаратом Киппа [16] по реакции (1.1):

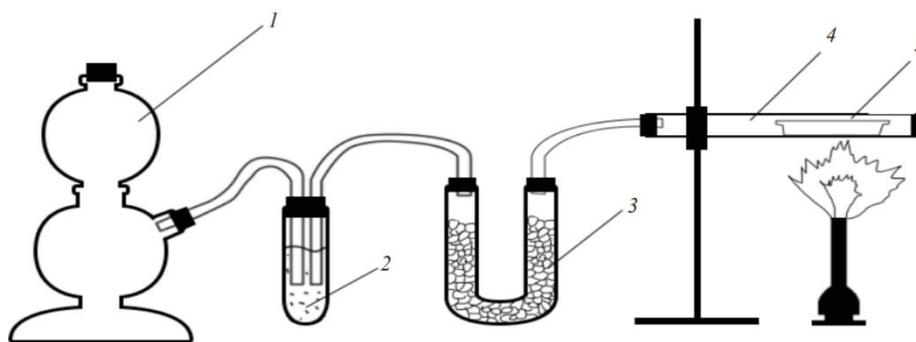
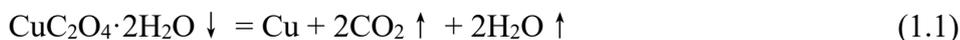


Рисунок 1.1. Схема установки для получения НЧ Cu термолизом: 1 – аппарат Киппа; 2 – поглотительная склянка с водой; 3 – поглотительная склянка с прокаленным хлоридом кальция; 4 – кварцевая трубка; 5 – фарфоровая лодочка с оксалатом меди (II) [16].

Также НЧ меди и цинка можно получать с помощью метода электрического взрыва проводников (ЭВП), который является диспергационным (проводник разрушается под действием электрического тока) и испарением-конденсацией (металл в процессе взрыва переходит в газообразное состояние и пар). Особенности ЭВП является время взрыва ($10^{-5} \dots 10^{-8}$ с), величина развиваемой мощности превышает (10^{13} Вт/кг), температура в момент взрыва ($>10^4$ К), давление (10^9 Па), скорость разлета продуктов ($1 \dots 5$ км/с) и введенная в проводник энергия. Важно то, что частицы формируются как за счет конденсации паровой фазы, так и за счет диспергирования жидкого металла. Увеличение вводимой в проводник энергии приводит к возрастанию доли металла, перешедшего в парообразное состояние, но получение чисто паровой фазы считается невозможным.

Принципиальная схема установки для производства НП показана на рисунке 1.2. Установка работает следующим образом. От высоковольтного источника питания 1 заряжается емкостной накопитель энергии 2. Механизм подачи проволоки 3 обеспечивает автоматическую подачу взрываемого отрезка проволоки 4 между двумя электродами. При достижении проволокой высоковольтного электрода 5 срабатывает коммутатор 6, происходит разряд накопителя на этот отрезок проволоки – и он взрывается.

Образовавшийся порошок собирается в накопителе 7. Очищенный от порошка газ с помощью вентилятора 8 подается обратно в камеру. Объем камеры 9 перед работой вакуумируется, а затем заполняется газовой атмосферой. Эти функции выполняет система газового снабжения 10. В качестве газовой атмосферы при производстве порошков металлов, сплавов и интерметаллидов используются инертные газы, преимущественно аргон. Порошки, полученные в инертной среде, являются пирофорными, то есть воспламеняются при контакте с воздухом. Их пассивацию проводят медленным окислением компонентами воздуха или нанесением специального покрытия на поверхность частиц. Следует отметить, что свойства электровзрывных НП в сильной степени зависят не только от электрических параметров их получения, но и от условий пассивирования.

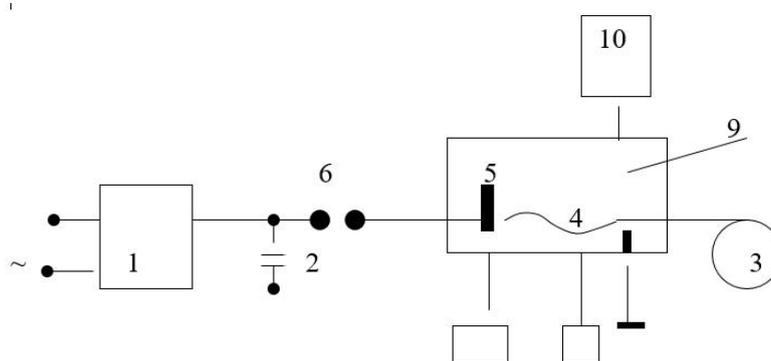


Рисунок 1.2. Принципиальная схема установки для производства методом ЭВП.

Порошки, получаемые ЭВП, как правило, имеют сферическую форму частиц и являются полидисперсными системами. Дисперсный состав порошков является одной из важнейших характеристик, определяющих реакционную способность, а, следовательно, и область применения. С повышением дисперсности НП металлов, как правило, увеличивается их активность, но при этом снижается и содержание металлов в частицах. Кроме того, получение НЧ с размерами < 30 нм нецелесообразно в связи с нестабильностью к окислению, спеканием и агломерацией.

Достоинством ЭВП является возможность получения НЧ металлов, сплавов, интерметаллидов и химических соединений с неметаллами на одном и том же оборудовании. Максимальный выход порошков по алюминию составляет 50 г/ч при производстве на одной установке. Важным преимуществом ЭВП также является возможность регулирования свойств конечных продуктов электровзрыва: дисперсного, фазового и химического состава нанопорошков и других с помощью электрических параметров. Очень низкие затраты

энергии (< 10 кВт·час/кг) обусловлены прямым нагревом проводника электрическим током без участия теплоносителей и высокой скоростью нагрева ($> 10^7$ К/с), обеспечивающей практически адиабатические условия передачи энергии проводнику.

ЭВП является экологически безопасной: процесс наработки нанопорошков проводится в замкнутой камере, технологические выбросы отсутствуют [17].

1.1.3. Применение наночастиц меди

Благодаря износостойкости и хорошей теплопроводности НЧ Cu могут быть использованы в качестве добавок к смазочным материалам. Например, НЧ Cu с размером 95 нм были добавлены в смазочный материал антифрикционного покрытия (AFRICO) параллельно с наночастицами политетрафторэтилена и акриловой смолой в качестве связующего. В полученном материале уменьшился коэффициент трения резьбовой поверхности, тем самым значительно повышая износостойкость гидравлической муфты, как композитное антифрикционное покрытие на основе. Полученный состав может значительно улучшить антиадгезионные характеристики стали 32CrMo. Это связано с тем, что мелкие частицы nano-меди удерживаются на поверхности стали и заполняют шероховатую поверхность заготовки, что делает поверхность образца более гладкой и образует неоднородную медную неоднородную защитную пленку между поверхностями трения [18].

В другой работе НЧ Cu (70 нм), полученный методом микроэмульсии, модифицировали с помощью поверхностно-активного вещества для получения хороших присадок, которые суспендируются в смазочном масле с образованием стабильной суспензии, которая адсорбируется на поверхности инструмента, образуя слой защиты [19].

НЧ CuO с размером 70-90 нм, полученные в результате «зеленого» синтеза и абсорбированные на полиэфирных волокнах, предлагается применять для антибактериальных и гидрофобных применений [1] по отношению к мягким грибам гнили. Также НЧ меди можно использовать в качестве противомикробных и противогрибковых покрытий и пропиток для консервации обработанной древесины или при окрашивании пластмассовых автомобильных деталей краской, как показано на примере краски, содержащей НЧ CuO и $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ с размером 3...35 нм [20].

Также НЧ Cu могут быть эффективными адсорбентами для удаления ионов металлов из загрязненных вод, как было показано на примере НЧ Fe/Cu (70 нм), которые извлекали 99% цезия при начальной концентрации цезия 0,001...1 г/л [2].

Также НЧ Cu можно использовать в качестве катализатора. Например, стержневидные НЧ CuO (50 нм) показали более лучшие каталитические свойства по сравнению с обычным CuO при разложении хлората калия и перекиси водорода без какой-либо обработки для производства кислорода. В работе использовали наноразмерные полые микросферы CuO, чтобы ускорить разложение родамина Б. Так, после облучения ультрафиолетовым светом при 245 нм в течение 120 мин пик поглощения родамина Б значительно снизился, а скорость разложения достигла 90% по сравнению с 20% в присутствии обычного CuO [21].

1.1.4. Биологические свойства наночастиц

Литературный обзор показал, что НЧ самого разного состава влияют на высшие растения: на корнеобразование, скорость роста биомассы, на физиологические характеристики побегов. В таблице 1.1 приведены сводные данные по воздействию НЧ Cu на высшие растения.

Таблица 1.1. Воздействие НЧ металлов на высшие растения

№	Наночастицы	Условия эксперимента	Основные результаты	Ссылка
1	CuO 30-50 нм CAS-1317-38-0 Alfa Aesar, USA	[CuO]=10 г /л, УЗ обработка CuO + бидистиллированная вода Среда: бидистиллированная вода, pH=5.6 Тест-растение: Семена ячменя (<i>Hordeumsativumdistichum</i>) 25±2°C Световой период: 16:8 ч для проростков: 72 ч, для побегов 30 дней	Высокие концентрации CuO в воде препятствуют росту ячменя, длина его корня значительно сокращается и подавляют фотосинтез. Поглощение НЧ разрушает количество тилакоидов и пластид. Увеличивается плотность устьиц.	[9]
2	CuO-nano <50 нм CuO-bulk Sigma-Aldrich	[CuO]= 100...600 мг/л Дистиллированная вода УЗ обработка 30 мин; Тест-растение: огурец <i>Cucumis sativus</i> Семена были промыты в воде 10 раз и обработаны в NaClO 10 мин Выращивание в течение 7 дней	НЧ CuO подавляли удлинение корня при 100 мг/л и на 34,2% при 600 мг/л. По мере увеличения концентрации угнетающее действие на корни усиливается.	[3]
3	CuO 50 нм Specialties Private	Песок, пропитанный раствором Хогланда [CuO]= 10...800 мг /л Тест-растение: пшеница Выращивание рассады	В присутствии НЧ изменилось содержание полисахаридов клеточной стенки (целлюлоза, пектин и гемицеллюлоза) и лигнина.	[22]

№	Наночастицы	Условия эксперимента	Основные результаты	Ссылка
	Limited, Mumbai, India	Фотосинтетический поток 350 ммоль фотона $\text{м}^{-2}\text{с}^{-1}$ и относительной влажности 50-60% с фотопериодом: 16/8 ч	Увеличение концентрации привело к уменьшению содержания хлорофилла, увеличению содержания пектина.	
4	CuO ($\geq 99.8\%$) 25-88 нм 23.9 $\text{м}^2/\text{г}$ Shenzhou Seeds Company, Китай	[CuO] = 5... 200 мг/кг Агаровая среда Среда: агароза 2% Sigma- Aldrich, США, дистиллированная вода, 80 °C; УЗ обработка, 1 ч Тест-растение: пшеница Проращивание в агаровой среде	Большинство НЧ адсорбировались на поверхности корней пшеницы, сильно взаимодействовали с поверхностью корней, а некоторые из них сцеплялись механически. Увеличение концентрации привело к увеличению адсорбции и поглощения CuO-НЧ	[23]
5	Cu 15-30 нм 25 мг/л	Среда: деионизированная вода Тест-растение: высокоурожайный и абиотические стрессоустойчивые сорта пшеницы. Проращивание в почве.	Cu увеличивали количество зерен на колос и вес 1000 зерен; интенсифицировали гликолиз и разложение крахмала в высокоурожайном сорте, но не изменились в абиотических сортах; увеличили содержание сахара в семенах. Cu улучшает урожайность и стрессоустойчивость пшеницы.	[24]
6	Cu(OH) ₂ наноCu(OH) ₂ , микро- Cu(OH) ₂	[Cu(OH) ₂] = 25 и 75 мг/л Среда: ультрачистая вода Тест-растение: люцерна	При 25 мг/л для всех частиц уменьшалась длина корня; в проростках содержание макроэлементов (кроме Zn и P) и микроэлементов не изменилось. При 75 мг/л все соединения меди вливали на длину корня и образование NO, снижалась концентрация K и P. Для ионов – значительное снижение корнеобразования. при всех обработках 75 мг/л.	[25]
7	CuO 5...500 мкМ Alpha Aesar	Среда: деионизированная вода Тест-растение: саженцы риса Цикл: день-ночь=16:8 ч фотосинтетический поток: 250 мкмоль фотонов $\text{м}^{-2}\text{с}^{-1}$ и 60% относительной влажности при 25 ± 2 °C	Более низкие концентрации (5, 10, 20, 50 мкМ) НЧ могут способствовать росту проростков риса. При более высокой концентрации НЧ (100, 200, 500 мкМ) рост значительно снижается.	[26]
8	Cu 50 нм (Cu 99.9%) Shanghai	[Cu]=15.6, 156, 780, 1560 мМ Тест-растение: пшеница <i>Triticum aestivum</i> L. Цикл: день:ночь= 12 : 12 ч	Частицы и ионы уменьшили длину корня. НЧ Cu стимулировали образование боковых корней.	[27]

№	Наночастицы	Условия эксперимента	Основные результаты	Ссылка
	Huzheng Nano Technology Co. LTD CuSO ₄ (CAS: 7440-50-8, Shanghai, Китай)	Рассада в условиях гидропоники при 300 ммоль/м ² с ⁻¹ в теплице при 25°C, 4 дня	По сравнению с НЧ Cu, клетки корня, подвергшиеся воздействию ионов меди, уменьшают пролиферацию и вызывают более высокую степень гибели клеток.	
9	CuO 20-40 нм	[CuO]=10...500 мг/л Среда: Дист вода УЗ (100 Вт, 40 кГц) 30 мин Тест-растение: помидор <i>Solanum lycopersicum</i> и капуста <i>Brassica oleracea</i> var. Botrytis. Культивация растений в чашках Петр, в темноте 8 дней.	Содержание пигмента и сахара в НЧ CuO на двух испытанных растениях снизилось. При концентрации 10 мг / л скорость прорастания семян увеличивается, а скорость роста максимальна. При концентрации 500 мг / л всхожесть томатов снижалась на 11%, что оказывало ингибирующее действие на длину корня. Скорость роста корешка семян капусты снижалась с увеличением концентрации.	[28]
10	Нано-Cu микро-Cu (размеры не указаны)	Среда: вода, 30 мин УЗ (180 Вт); [Cu]= 0...200 мг/кг почвы Тест-растение: семена американского орегано <i>Origanum vulgare</i> ; 40 семян / горшок, свет 340 мкмоль ⁻² с ⁻¹ , фотопериод 14 ч. 10 дней,	Обработка нано-Cu не вызвала значительных изменений корневой биомассы, длины корней и побегов. микро-Cu в дозе 50 мг кг значительно снизили биомассу и длину корней на 48 и 21%, соответственно. Все обработки Cu снижали биомассу побегов на 22...59% по сравнению с контролем, но оказывали ограниченное влияние на удлинение побегов.	[29]
11	нано-Cu < 50нм Объемная Cu (макро-Cu) CuCl ₂ University of California (США)	Среда: вода (MPW, 18 МΩ) [раствор кинетина] (КТ) = 0, 10, 100 мкМ УЗ 180 Вт, 25°C, 30 мин; [Cu]= 0, 50 и 100 мг/л; Тест-растение: семена фасоли <i>Phaseolus vulgaris</i> . Фотопериод: 14/10ч свет 340 мкмольм ⁻² с ⁻¹	Поскольку обработка макро-Cu увеличивала содержание Мп и белка, а 100 мг / кг нано-Cu снижала содержание Fe, оказалось, что размер частиц является важным аспектом. Взаимодействие между CuCl ₂ и КТ подавляет синтез белка. Соединения на основе нано-Cu и Cu способны значительно изменять содержание питательных веществ в растениях фасоли.	[30]
12	CuO 23-37 нм 97.5% США	Среда: раствора Хогланда Na ₂ HAsO ₄ •7H ₂ O, 98%, песок 0.1... мг/л Тест-растение: саженцы риса <i>Oryza sativa japonica</i> . Раствор Хогланда (88,7 мл)	Добавление НЧ снижает поглощение As в зернах риса, тем самым снижая воздействие As на человека.	[5]

№	Наночастицы	Условия эксперимента	Основные результаты	Ссылка
		добавляли к песку (55 г). 18 дней, 25°C (16 ч) днем и 20°C (8 ч) ночью.		
13	Ag 20, 40, 80нм Ag ⁺ Ted Pella Inc	Среда: 15% NaOCl, раствора Хогланда [Ag]= (66.84, 133.68, 267.36 и 534.72 мкг/л) Тест-растение: Арабидопсис	При концентрации 133,68 мкг/ л удлинение корней растений снижалось на 200, 160 и 30% при обработке НЧ с размером 20, 40 и 80 нм соответственно. Удлинение корней растений уменьшается по мере уменьшения размера частиц. При обработке 20 нм Ag удлинение корней растений уменьшается с увеличением концентрации.	[31]

Анализ данных, представленных в таблице 1.1, показал, что НЧ могут оказывать как стимулирующее, так и подавляющее действие на корнеобразование растений. Добавление НЧ CuO может значительно изменить биохимический состав тканей пшеницы, увеличить урожайность, а также улучшить физиологические показатели побегов. При этом при низких концентрациях (< 50 мг/л) CuO NPs показали положительный эффект и улучшенный рост проростков риса.

Высокая концентрация НЧ Cu в воде препятствует росту растений, влияя на длину корней и стеблей и снижает эффективность фотосинтеза [9]. Также высокие концентрации НЧ CuO (100, 200 и 500 мкмоль/л) проявляют токсические эффекты, и поэтому окислительный стресс из-за более высокого поглощения меди препятствует росту риса [25].

В присутствии НЧ CuO происходит значительное снижение содержания пигмента и сахара [27], содержание воды, биомасса и питательные качества побегов [28], а также скорость синтеза белка [29]. Накопление НЧ Cu в корнях пшеницы представляет потенциальную угрозу здоровью человека через пищевую цепь [26]. Важно отметить, что размер частиц имеет значение, но размер – не единственный доминирующий фактор, влияющий на токсичность.

1.2. Метод лазерной дифракции

1.2.1. Основы метода лазерной дифракции

Принцип метода ЛД основан на статическом рассеянии лазерного света. Лазерный свет, проходя через плоскопараллельную кювету с образцом, рассеивается под различными углами в зависимости от размеров отдельных частиц пробы. Дифракция от частиц

одинакового размера происходит под одинаковым углом, а интенсивность рассеянного света показывает относительное количество этих частиц [32].

При взаимодействии частицы с лазерным лучом происходит рассеяние излучения в разных направлениях. Это излучение называется «рассеянным». Пространственное распределение интенсивности, в зависимости от угла рассеяния, называется «дифракционной картиной» или «картиной распределения интенсивности рассеянного излучения». Если частица имеет большие геометрические размеры, рассеиваемое ею излучение будет направлено вперед (то есть в направлении лазерного пучка) и колебания интенсивности в зависимости от угла рассеяния будут слишком малы, чтобы их можно было представить в виде графика. Интенсивность излучения, распространяемого такой частицей в обратном и боковом направлениях, будет пренебрежимо мала по сравнению с интенсивностью излучения в прямом направлении [33].

Принципы работы оборудования ЛД показаны на рисунке 1.3. Диаметр луча используемого гелий-неонового лазера малой мощности (0,8 мВт) был уменьшен за счет двух линз. Первая (выпуклая) линза с фокусным расстоянием 60 мм фокусировала лазерный луч и вторая (вогнутая) линза с фокусным расстоянием – 40 мм репараллелировала луч. При такой схеме с двумя линзами диаметр луча можно было уменьшить до четверти первоначального падающего диаметра. Кроме того, поляризационный фильтр и заглушки использовались для подавления отражений от линз. Образец волокна был отрегулирован перпендикулярно лазерному лучу. Диаметр волокна d можно было рассчитать по уравнению дифракции лазера [34].

По мере уменьшения размера частицы, расширяется дифракционная картина. И если размер частицы становится еще меньше, начинает возрастать доля излучения (рис. 1.4.), рассеянного в боковом и обратном направлениях. Картина распределения излучения таких частиц становится похожа на цилиндр с уширением на краях и демонстрирует, что излучение распространяется во всех направлениях. Именно на этом базируется однозначная взаимосвязь между диаметром частицы и дифракционной картиной и размер частицы может быть рассчитан исходя из картины распределения интенсивности рассеянного света.

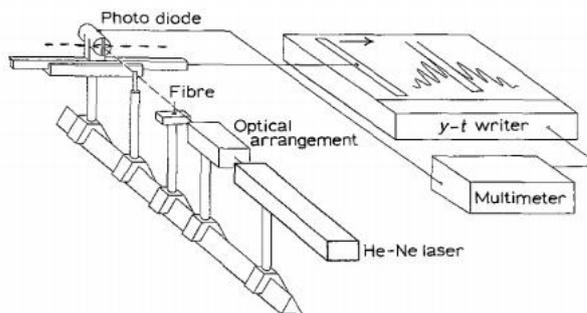


Рисунок 1.3. Оборудование ЛД [34] .



Рисунок 1.4. Схема рассеивания лазерного луча от частицы.

1.2.2. Применение метода лазерной дифракции

В работе [35] для измерения гранулометрического состава детской смеси для использовалась ЛД. Приблизительно 1 г детской смеси был диспергирован в 10 мл метанола, этанола, ацетона, пентана, гептана или гексана. Образец в каждом растворителе добавляли по каплям к области образца, содержащей приблизительно 150 мл диспергатора, до тех пор, пока не было от 10% до 20% затемнения. Измерения повторяли не менее пяти раз для обеспечения повторяемости. Все остаточные значения всегда были <1,0%, только значение распределение дисперсии этанола составляло 1,2%.

Сравнение гранулометрического состава сухого анализа с влажным анализом показало, что гранулометрический состав уменьшился от гексановой дисперсии до воздушной дисперсии при давлении 1,0 бар (рис. 1.5). Это показывает, что средний объемный диаметр детской смеси при диспергировании в воздухе при давлении 1,0 бар был определен как 163,5 мкм, что на 41,1 мкм меньше, чем 204,6 мкм, определенное диспергированием гексана (рис. 1.6). Эти результаты, вероятно, связаны с разрушением частиц детской смеси давлением воздуха, которое наблюдали и подсчитывали под микроскопом [36].

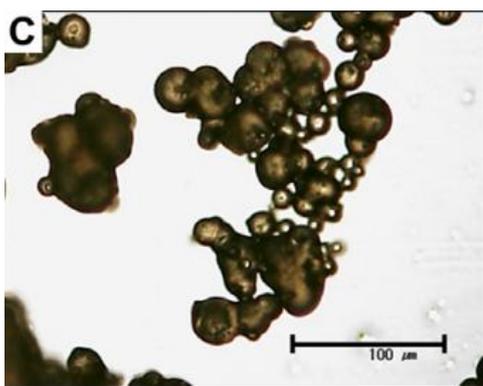


Рисунок 1.5. Оптические микрофотографии ч астиц детской смеси в гексане (увеличение 100 раз) [35].

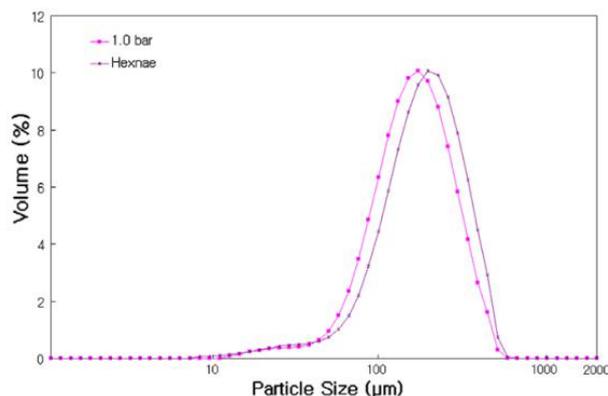


Рисунок 1.6. Сравнение гранулометрического состава детской смеси при диспергировании в воздухе и в гексане [35].

В другом эксперименте [37] использовали метод лазерной дифракции для оценки степени дисперсности частиц в пищевой массе (рис.1.7) на лазерном анализаторе SALD-2101 (Shimadzu). Для объективного анализа формы и размеров конгломератов частиц до и после герметизации зубов проводилось исследование с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ, рис.1.8).

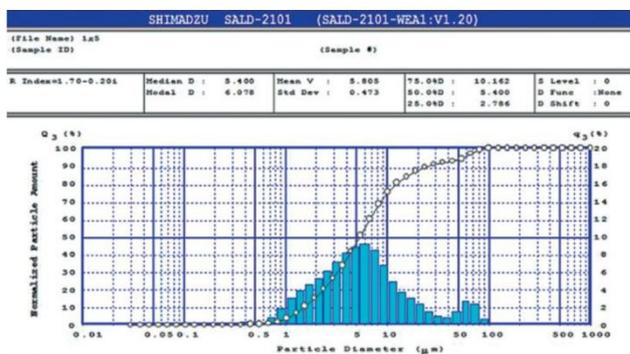


Рисунок 1.7. Гистограмма распределения твердых частиц тестового образца [37].

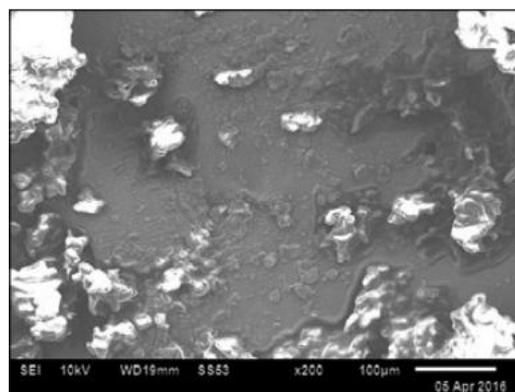


Рисунок 1.8. СЭМ-изображения конгломератов частиц тестовой пробы до пережёвывания [37].

Целью другого исследования было сравнение дисперсного состава образцов из данных анализа СЭМ изображений (рис.1.9) и ЛД (рис.1.10) полидисперсных несферических Al_2O_3 корунда размером 1...8 мкм и 15...80 мкм [38]

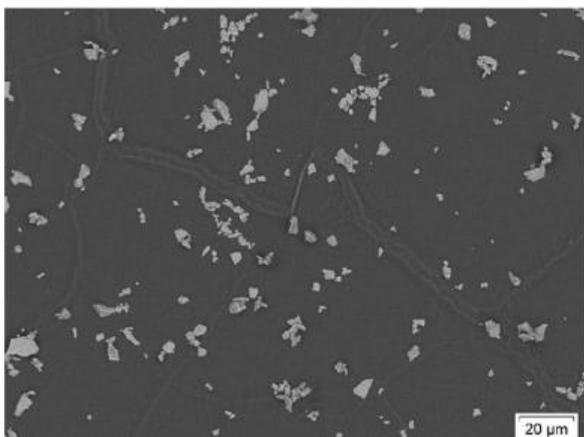


Рисунок 1.9. СЭМ-изображение образца [38].

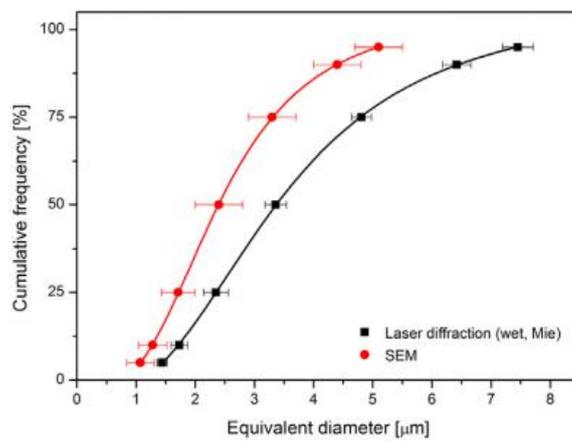


Рисунок 1.10. Кумулятивные распределения по СЭМ (красная кривая) и ЛД (черная кривая) [38].

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Объекты исследования

В качестве объектов исследования мы выбрали НЧ Cu и Zn. НЧ были приобретены у ООО «Передовые порошковые технологии» (г. Томск, Россия). Согласно данным производителя, порошок содержит металлическую фазу более 95мас.%. Форма частиц близка к сферической. Среднеарифметический размер частиц от 50 до 200 нм (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Характеристика НЧ согласно данным производителя.

Обозначение в работе	Содержание металла, мас.%	Удельная поверхность, м ² /г	Среднее Размер, нм	Цвет
Cu-50	98	12	50	Темно-коричневый серый
Cu-100	98	6,8	100	Темно-коричневый серый
Cu-200	99	12.01	200	Темно-коричневый серый
Zn-60	99	5.34	90-150	серый

2.2. Сканирующая электронная микроскопия

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) является одним из наиболее широко используемых для диагностики наноматериалов и наноструктур методов. Предел разрешения сканирующего электронного микроскопа приближается к нескольким нанометрам, а увеличение легко варьируется от 10 до 300000. СЭМ не только предоставляет сведения о топографии поверхности, как обычные оптические микроскопы, но и обеспечивает информацией о химическом составе приповерхностной области.

Вместо источника света в нем установлена электронная пушка, «стреляющая» электронами. Пучок электронов направляется специальными отклоняющими катушками и фокусируется на образце электромагнитными и электростатическими линзами. После этого полученное изображение регистрируется отдельным устройством. До 1960 года картинка выводилась на кинескоп и фиксировалось на киноплёнке, сейчас устаревшие технологии заменили цифровым форматом. По сути его возможности превышают пределы классического светового микроскопа, как минимум, в 500 раз.

Для анализа изображений использовалась программа ImageJ, в которой измерялся диаметр каждой частицы – как диаметр окружности, в которую вписывалась частица. Полученные данные позволили построить распределение частиц по размерам, включающим 10 фракций, посчитать средний, минимальный и максимальный размер частиц в программе Excel.

2.3. Приготовление суспензий наночастиц

Данные для обработки были получены в следующем эксперименте.

В работе использовали три физиологических раствора: водный раствор Gs, фосфатный буферный раствор (PBS) и воду (табл. 2.2). Растворы приготавливали путем растворения указанных в таблице химических веществ в дистиллированной воде [36]. Срок хранения модельных растворов не превышал 24 ч.

Таблица 2.2. Состав используемых синтетических биологических растворов [39]

Состав	Содержание компонента, г/л	
	Физиологический раствор (PBS)	Изотонический раствор глюкозы (GS)
NaCl	8,77	-
KH ₂ PO ₄	1,36	-
Na ₂ HPO ₄	1,28	-
C ₆ H ₁₂ O ₆ ·H ₂ O	-	45,0
pH	6,2	7,2...7,4

На основе приготовленных растворов и НЧ готовили суспензии с концентрацией 500 мг/л. Для взвешивания использовали аналитические весы ALC-210D4 (Acculab, Германия, точность ± 0,0001 г).

2.4. Метод лазерной дифракции

Измерения проводили на дифракционном анализаторе размеров частиц SALD-7101 фирмы SHIMADZU (Япония), снабженного лазером, принцип работы которого основан на статическом рассеянии лазерного света с длиной волны $\lambda=375$ нм. Размер частиц регистрировали каждые 5 минут в течение часа при постоянном перемешивании и УЗ обработке (40 Вт). Результатом измерения являются данные для построения кривых распределения частиц по размерам в диапазоне 10 нм...300 мкм.

Обработку данных эксперимента использовали программу Excel версия 2019 Microsoft Windows.

Результатом измерения являлась кривая распределения частиц по размерам. Полученные экспериментальные результаты использовали для расчета среднего размера частиц по формуле (2.1):

$$d_{cp} = \sum d \frac{q(\%)}{100(\%)}, \quad (2.1)$$

где d_{cp} – средний объемный диаметр частиц; d – размер частиц в дисперсии;

q – дифференциальное распределение частиц в дисперсии, %.

Степень агрегации частиц (A , уд. ед.) в суспензии оценивали по формуле (2.2):

$$A = \frac{d_{agr}}{d_{нч}}, \quad (2.2)$$

где d_{agr} – средний размер агрегатов в суспензии и $d_{нч}$ – размер частиц в образце по данным СЭМ.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Анализ экспериментальных данных

3.1.1. Характеристика наночастиц

Целью работы являлось определение влияния размера НЧ Cu и состава среды на степень агрегации НЧ Cu в водных суспензиях для прогнозирования их влияния на корнеобразование высших растений. Для этого сначала нужно было провести дисперсионный анализ выбранных НЧ Cu и Zn путем обработки изображений, полученных с помощью метода СЭМ (рис.3.1). Все частицы имеют условно сферическую форму. Видно, что при большом увеличении поверхность НЧ Cu-50 неровная (рыхлая или хлопьевидная, рис.3.1а). Согласно анализу, средний диаметр частиц составляет 93, 124 и 181 нм, соответственно, для частиц Cu-50 (рис. 3.1а), Cu-100 (рис. 3.1б) и Cu-200 (рис. 3.1в).

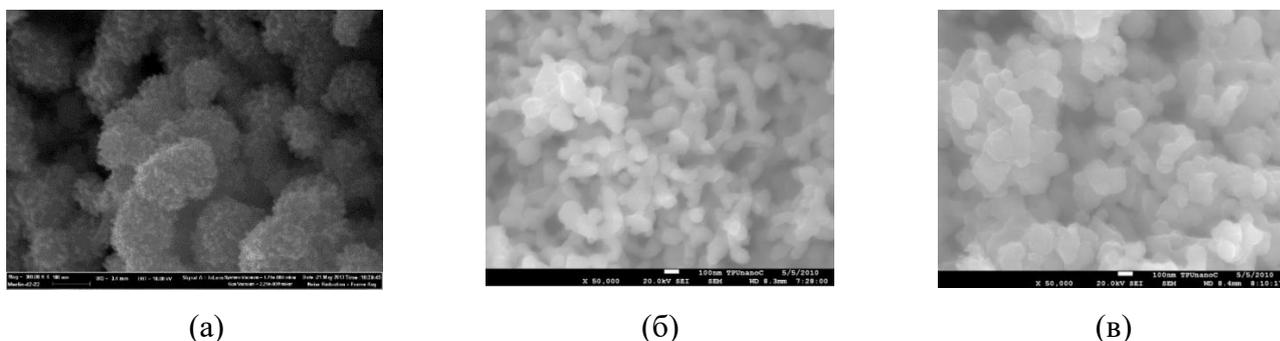


Рисунок 3.1. СЭМ изображения частиц Cu-50 (а), Cu-100 (б) и Cu-200 (в).

Анализ распределений (рис.3.2) показал, что средний размер частиц отличается от заявленного производителями, что может быть связано с агрегацией или частичном окислении частиц при хранении. Из таблицы 3.1 видно, средний размер Cu-100 и Cu-200 намного больше, чем Cu-50.

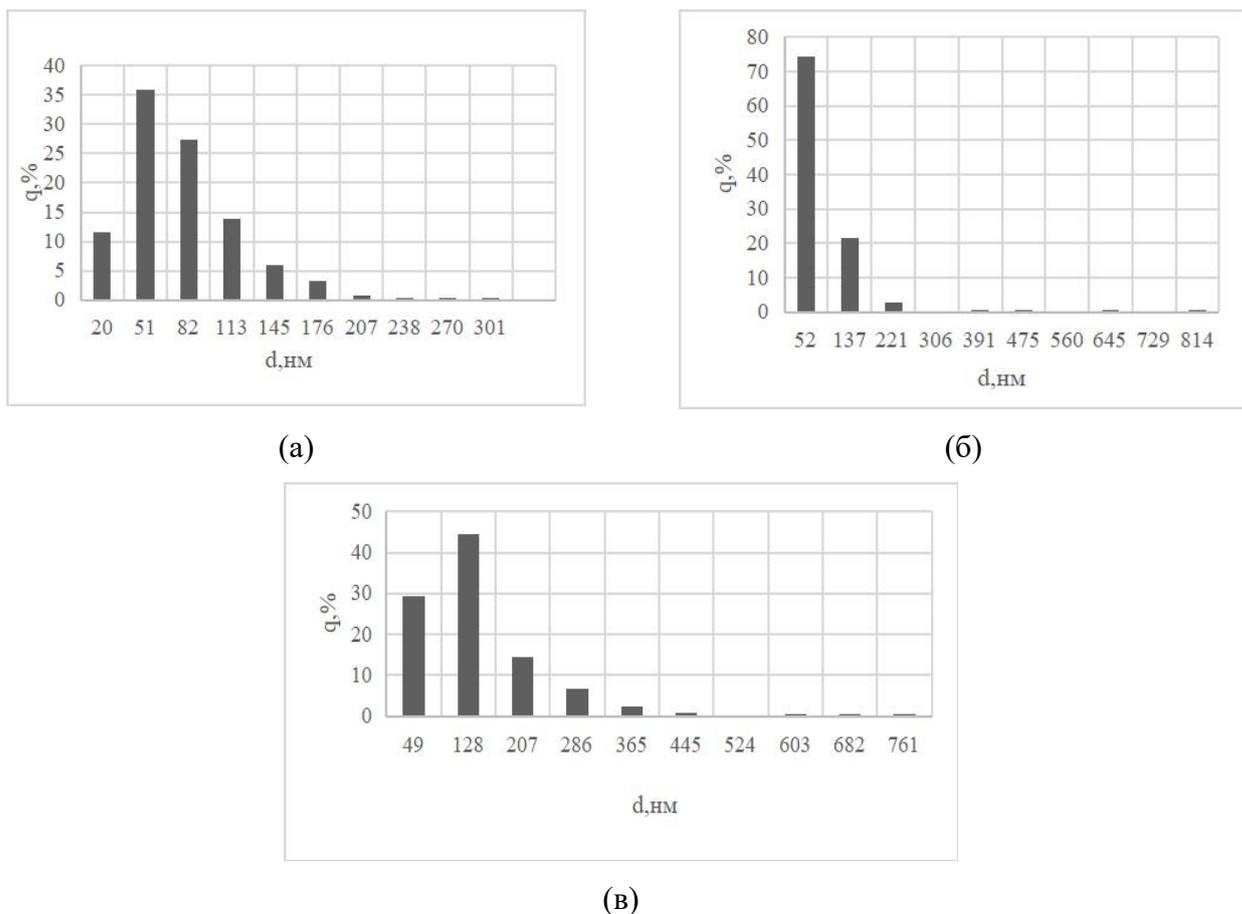
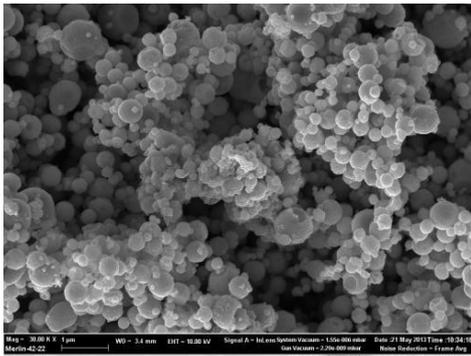


Рисунок 3.2. Распределение частиц по размерам для частиц Cu-50 (а), Cu-100 (б) и Cu-200 (в).

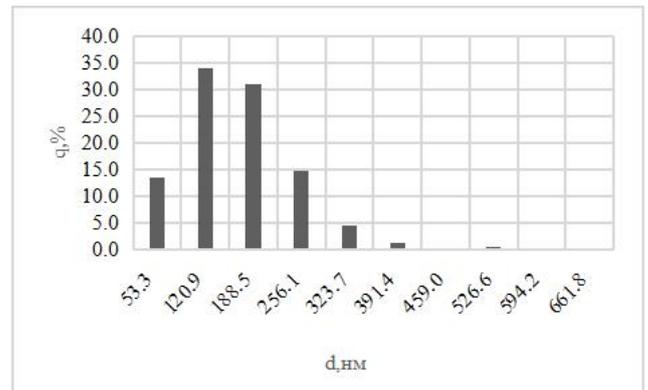
Таблица 3.1. Размерные свойства НЧ.

Образец	Распределение с минимальным (d_{\min}) и максимальным (d_{\max}) размером частиц		Средний размер частиц, $d_{\text{ср}}$, нм	Характеристика моды	
	d_{\min} , нм	d_{\max} , нм		d_{mod} , нм	q_{mod} , %
Cu-50	20	332	93±44	51	36
Cu-100	52	899	124±47	52	74
Cu-200	49	840	181±102	128	45
Zn-60	53	729	202±81	121	34

Согласно анализу (табл.3.1), средний диаметр частиц Zn-60 (рис.3.3а) составляет 202 нм, что видимо, связано с агрегацией при хранении частиц.



(a)

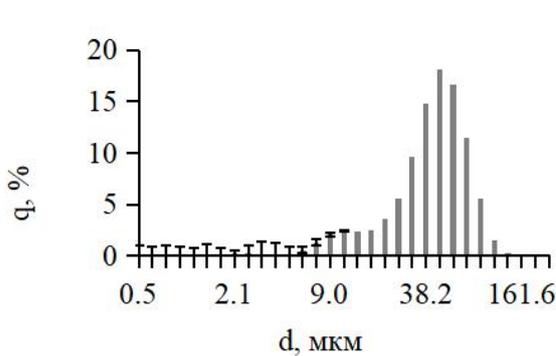


(б)

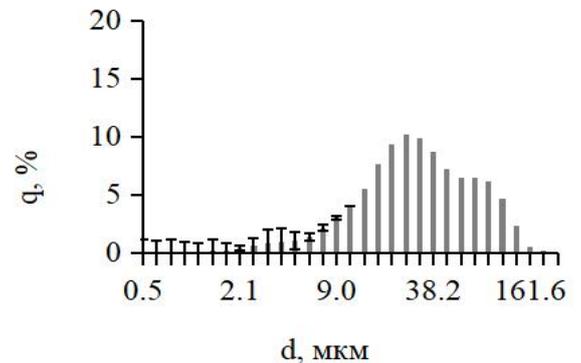
Рисунок 3.3. Микрофотографии (а) и распределение частиц по размерам для НЧ Zn-60 (б).

3.1.2. Влияние размера частиц на дисперсионные свойства наночастиц

Результатом обработки данных явились распределения частиц по размерам (рис.3.4 и рис.3.5). Видно, что при попадании в воду НЧ подвергаются агрегации. Например, в водной суспензии НЧ Cu-50 (размер 93 ± 44 нм по СЭМ) образуются агрегаты с размерами от 0,9 до 244 мкм (рис.3.4а).

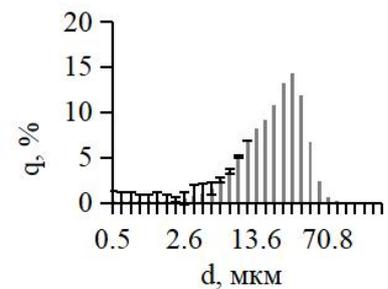
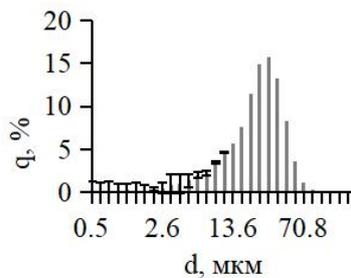
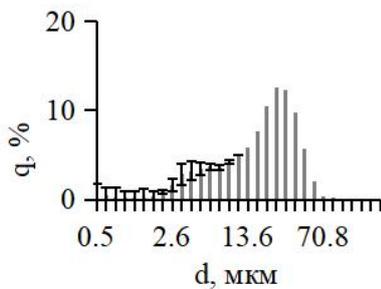


(a)



(б)

Рисунок 3.4. Распределение частиц по размерам для НЧ Cu-50 в воде (а) и PBS (б).



(а)

(б)

(в)

Рисунок 3.5. Распределение частиц по размерам для Cu-50 (а), Cu-100 (б) и Cu-200 (в) в растворе Gs.

На примере сравнения распределения агрегатов для Cu-50, Cu-100 и Cu-200 (рис.3.4 и рис.3.5) в растворе Gs показано, что, увеличение размера частиц слабо влияет на степень агрегации, хотя средний размер агрегатов в суспензии слабо уменьшается. Так, для частиц Cu со средним размером 50, 100 и 200 нм средний размер агрегатов в растворе GS составляет 25, 31 и 31 мкм, соответственно (табл.3.2).

Таблица 3.2. Дисперсионный состав суспензий частиц Cu в GS.

Образец	Распределение с минимальным ($d_{\text{мин}}$) и максимальным ($d_{\text{макс}}$) размером частиц		Средний размер агрегатов, $d_{\text{агр}}$, мкм	Величина моды	
	$d_{\text{мин}}$, мкм	$d_{\text{макс}}$, мкм		$d_{\text{мод}}$, мкм	$q_{\text{мод}}$, %
Cu-50	0.05	87	28±16	25	10
Cu-100	0.12	107	27±2	31	16
Cu-200	0.27	87	24±4	31	14

Однако, расчет степени агрегации позволил установить, что чем меньше размер, тем больше степень агрегации, потому что больше частиц находится в одном агрегате. Так, в ряду частиц Cu-50...Cu-100...Cu-200 величина A составляет 301...217...163 уд. ед. (рис.3.6).

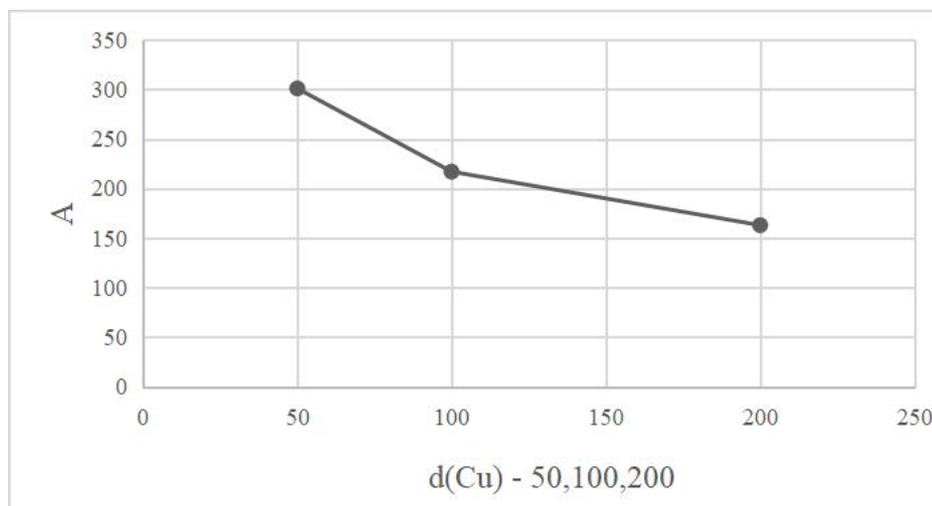


Рисунок 3.6. Влияние размера на степень агрегации (A) НЧ Cu в растворе GS.

3.1.3. Влияние состава среды на дисперсионные свойства наночастиц

Влияние состава среды показано на примере частиц Cu-50 и Zn-60 в воде и в растворах PBS и GS. Установлено, что средний агрегативный размер НЧ Cu в разных дисперсионных средах различается. Показано, что при добавлении GS средний размер агрегатов в суспензии составляет 28 мкм по сравнению с 46 мкм в воде при тех же условиях. А при добавлении электролитов (PBS) средний размер от 46 (в воде) уменьшается до 40 мкм (табл.3.3). В целом, диапазон распределения меняется не сильно и составляет 0.9...244 мкм в воде, 0.3...199 мкм в PBS и 0.1...162 мкм в GS-суспензии.

Частицы меди имеют лучший эффект диспергирования в GS и худший эффект диспергирования в воде. Так, средний размер частиц суспензии уменьшается в ряду растворов «вода... PBS...GS» и составляет 46...40...28 мкм, соответственно.

Таблица 3.3. Дисперсионный состав суспензий НЧ Cu-50 в разных средах.

Среда	Распределение с минимальным ($d_{\text{мин}}$) и максимальным ($d_{\text{макс}}$) размером частиц		Средний размер, $d_{\text{ср}}$, мкм	Характеристика моды	
	$d_{\text{мин}}$, мкм	$d_{\text{макс}}$, мкм		$d_{\text{мод}}$, мкм	$q_{\text{мод}}$, %
Вода	0.93	244	46±3	47	18
PBS	0.33	199	40±29	25	10
GS	0.05	162	28±16	25	13

3.1.4. Влияние состава наночастиц на дисперсионные свойства суспензий

Для изучения влияния состава частиц на их размер в среде прораствания использовали НЧ Cu-50 и Zn-60, произведённых одним способом, но имеющих очень близких размер частиц. В качестве среды прораствания использовали раствор PBS. Показано, что распределение частиц по размерам для НЧ Cu-50 находится левее, чем для Zn-60. Например, частиц в PBS распределение составляет 0.33...198.6 и 1...132 мкм, соответственно, для Cu-50 и Zn-60 (рис.3.7).

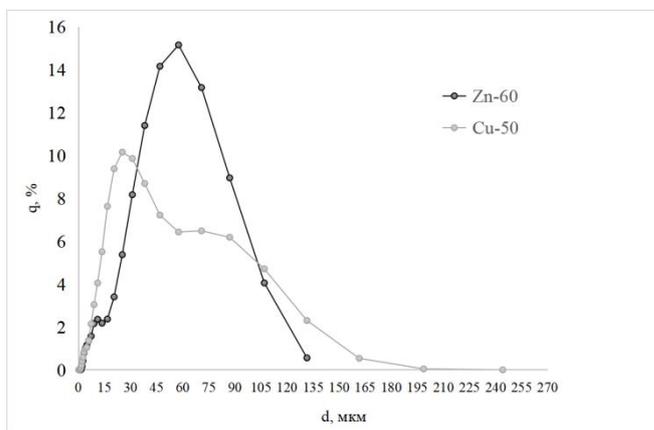


Рисунок 3.7. Распределение частиц по размерам в PBS для Cu-50 и Zn-60 (время выдерживания 20 мин).

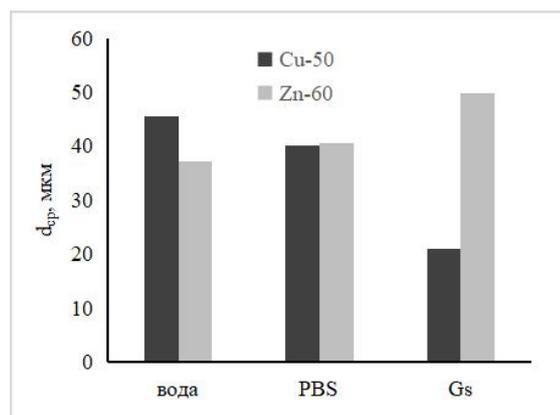


Рисунок 3.8. Средний размер агрегатов для Cu-50 и Zn-60 в разных средах.

Далее экспериментально показано, что для меди и цинка характерно разное поведение в выбранных средах. С одной стороны, в воде и PBS – состав частиц не влияет на размер агрегатов. Например, в PBS величина d_{cp} составляет 40.1 и 40.6 мкм, соответственно Cu-50 и Zn-60 (рис.3.8). В тоже время в растворе GS природа частиц играет огромное значение, и для цинковых частиц агрегация протекает значительно сильнее: величина d_{cp} равна 21.0 и 49.8 мкм, соответственно, для Cu-50 и Zn-60.

3.1.5. Влияние времени УЗ обработки на дисперсионные свойства суспензий

Влияние времени УЗ обработки было показано на примере НЧ Zn-60. Установлено, что независимо от состава среды время выдерживания НЧ в растворе не значительно влияет на дисперсионные свойства суспензий, но в целом характерна тенденция к слабому уменьшению степени дисперсности. Например, средний размер агрегатов Zn-60 в PBS составляет 44...40...39 мкм, соответственно, при обработке в течение 5...30...60 мин (рис.3.9). Если оценить влияние состава среды, то видно, что дезагрегация частиц при УЗ обработке в течение часа усиливается в ряду «вода...PBS...GS», при этом размер уменьшается на 34...11...13% в течение часа.

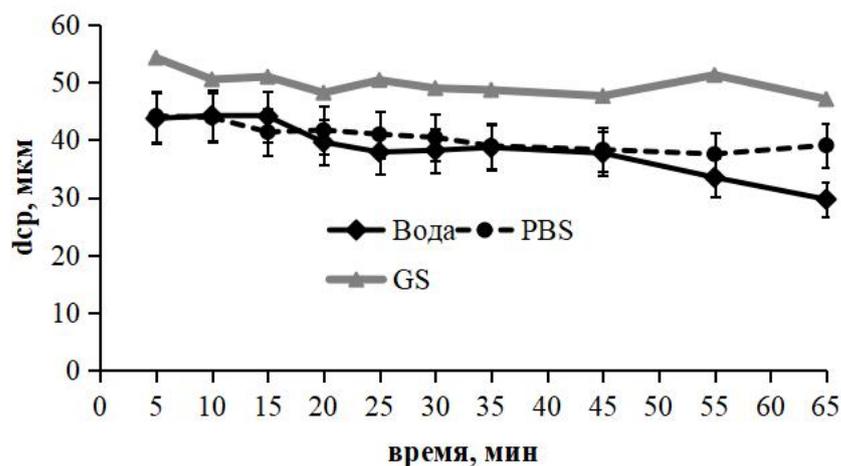


Рисунок 3.9. Изменение среднего размера агрегатов для Zn-60.

3.2. Прогнозирование биологических свойств наночастиц

3.2.1. Влияние размера наночастиц на корнеобразование растений

Таким образом, в работе показано, что с сохранением состава НЧ, но с уменьшением их размера – при их попадании в простейшие физиологические растворы (клеточные среды) размер агрегатов может не меняться, как было показано на примере НЧ Cu с размером 50, 100 и 200 нм.

Из анализа данных, представленных в литературе известно, что с уменьшением размера влияние на корнеобразование значительно. Например, с уменьшением размера НЧ CuO от 80 до 50 нм, размер агрегатов резко увеличивается, и агрегаты постепенно достигают стабильного состояния. Скорость осаждения и остаточная концентрация в растворе частиц с меньшим размером выше: так, для частиц с размером 50 и 80 нм, средняя скорость осаждения составляет, соответственно, 2.551 и 0.395 ч⁻¹. При этом чем выше остаточная концентрация, тем больше возможностей для частиц воздействовать на растения [40]. В другой работе показано, что при концентрации 133,68 мкг/л удлинение корней резуховидки снижалось на 200, 160 и 30% при обработке частиц Ag с размером 20, 40 и 80 нм, соответственно. То есть видно, что с уменьшением размера степень подавления корнеобразования выше [31].

В этом исследовании изучали физиологический ответ и экспрессию генов *Arabidopsis* после воздействия 3 различных форм НЧ Ag. Размер 80% сферических НЧ Ag составлял 8 ± 2 нм, а размер 80% треугольных и декаэдрических НЧ Ag составлял 80%. Они составляют 47 ± 7 нм и 45 ± 5 нм соответственно. Самые маленькие сферические НЧ Ag проявляли наивысший уровень антибактериальной активности [41].

Другими словами, чем меньше размер частиц, тем больше возможностей у них для взаимодействия с семенами в среде прорастания, и с учетом данных, тем больше ингибирующий эффект.

В проделанной работе исходный размер частиц Cu в диапазоне 50...200 нм не оказал влияния на размер агрегатов в среде прорастания на основе глюкозы, и можно предположить, что при равном размере агрегаты могут оказать равно воздействие на развитие корней. Хотя при разном размере было прогнозировано, что с уменьшением размеров частиц будет усиливаться токсичность.

3.2.2. Влияние состава среды и состава наночастиц на корнеобразование

С другой стороны для исследуемых НЧ Cu можно спрогнозировать, что при изменении состава среды прорастания также будет влиять на степень влияния частиц на корнеобразование. Так, в статьях используют разные растворы для проращивания семян, например, бидистиллированную воду [9], раствор Хогланда (раствор микроэлементов, электролит [42]) [5, 31], 2% агарозу [23]. К сожалению, отсутствуют работы, в которых бы провели эксперименты с разной средой прорастания, но прочими равными условиями.

Анализ полученных данных показал, что средний размер агрегатов НЧ Cu-50 уменьшается в ряду сред «вода... PBS...раствор GS». А если размер уменьшается, то влияние на корнеобразование может усиливаться, потому что размер очень важен.

3.2.3. Влияние состава наночастиц на корнеобразование

В то же время можно сказать, что состав частиц будет оказывать сильное влияние на процесс корнеобразования. Например, в разных работах показано, что действие в виде ионов намного сильнее на корнеобразование, чем НЧ такого же состава [25]. Мы видим, что влияние состава зависит от типа среды. Например, можно предположить, что в воде НЧ Zn будут иметь большее влияние на корнеобразование, чем у НЧ Cu в силу образования меньших по размеру агрегатов (37.3 и 45.7 мкм, рис.3.8). В PBS размер агрегатов не отличается (40 мкм), и, возможно, действие на семена будет одинаковым. Далее, отмечается, что в растворе глюкозы влияние состава очень усиливается: для НЧ Cu, образующих мелкие агрегаты (21.0 мкм, рис.3.8) и влияние на корни будет сильнее, чем у НЧ Zn, имеющих агрегаты размером 49.8 мкм.

3.3. Выводы

В работе с использованием НЧ Cu и Zn, полученных с помощью электрического взрыва проводников, показано влияние размера и состава частиц, состава среды и времени выдерживания суспензий на дисперсионные свойства суспензий в средах, моделирующих среду прорастания растения, и были сделаны следующие выводы:

1) с помощью метода СЭМ показано, что исследуемые частицы имеют условно сферическую форму, при этом средний размер частиц составляет 93, 124 и 181 нм, соответственно, для частиц Cu-50, Cu-100 и Cu-200, а также 202 нм для Zn-60;

2) с помощью метода ЛД показано, что исследуемые частицы при попадании в PBS подвергаются агрегации: например, в PBS суспензии для НЧ Cu-50 и Zn-60 распределение частиц составляет 0,3...198,6 и 1,4...131,5 мкм, соответственно;

3) установлено, что с уменьшением размера частиц степень агрегации увеличивается, хотя размер агрегатов меняется слабо: например, в 4,5% растворе глюкозы в ряду частиц с размером 50...100...200 нм число частиц в агрегате составляет 301...217...163, а средний размер агрегатов – 25, 31 и 31 мкм, соответственно;

4) продемонстрировано влияние состава среды прорастания на агрегацию НЧ: например, в ряду сред «дистиллированная вода...фосфатный буферный раствор...раствор глюкозы» для частиц Cu-50 характерно ослабление (размер агрегатов 46...40...28 мкм, соответственно), а для Zn-60 – усиление агрегации (размер агрегатов 50...41...37 мкм, соответственно);

5) показано, что УЗ обработка суспензий дольше 15 мин не влияет на степень агрегации: например, средний размер агрегатов Zn-60 в фосфатном буфере составляет 44...41...40...39 мкм, соответственно, при обработке в течение 5...15...30...60 мин;

6) Согласно литературным данным, чем меньше размер частиц наночастиц, тем значительнее воздействие на корни растений. Чем больше концентрация, тем сильнее негативное воздействие на корни растений.

7) по результатам работы сделан доклад на тему «Влияние состава среды и размера частиц на агрегацию НЧ Cu» для I Международной научно-практической конференции «Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов», 27-29 апреля 2021 г., г.Томск.

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Цель данного раздела ВКР заключается в оценке перспективности разработки и планировании финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках НИ.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала разработки;
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

4.1. Анализ конкурентных технических решений

В процесс исследования рассматривались две конкурирующие разработки:

- 1) национальный институт охраны труда и здоровья. Отдел Токсикология и молекулярная биология. Директор-Джон Говард, доктор Медицинская наука. Вашингтон, Америка;
- 2) Иинститут экологической медицины. Молекулярная ориентация токсикологии. Ответственное лицо - профессор Бенгт Фадил. Стокгольм, Швеция.

В таблице 4.1 представлено сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 4.1. – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности пользователей	0,05	5	3	3	0,2	0,12	0,12
2. Энергоэффективность	0,13	5	4	2	0,65	0,52	0,26
3. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,09	5	2	5	0,2	0,05	0,24
4. Помехоустойчивость	0,1	5	2	3	0,4	0,16	0,25
5. Потребность в ресурсах памяти	0,07	5	5	4	0,15	0,15	0,15
6. Простота эксплуатации	0,08	5	2	2	0,3	0,12	0,13
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Уровень проникновения на рынок	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Финансирование научной разработки	0,05	4	5	3	0,12	0,14	0,09
3. Послепродажное обслуживание	0,1	5	5	4	0,4	0,4	0,25
4. Наличие сертификации разработки	0,1	5	3	4	0,4	0,24	0,32
5. Конкурентоспособность продукта	0,06	5	4	5	0,12	0,13	0,15
6. Срок выхода на рынок	0,07	5	5	5	0,15	0,15	0,15
Итого	1	5,86	4,62	3,67	0,31	0,25	0,25

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что предлагаемое в данной ВКР решение обладает конкурентоспособностью.

Разработанная технология очень конкурентоспособна. Цена на разработанный метод значительно ниже, чем у конкурентов, и сопоставима с европейскими аналогами. При использовании этой технологии производительность пользователя может быть улучшена.

Основным преимуществом данной технологии является обеспечение качества и сохранности груза на всем пути следования, скорости доставки и современных технологий транспортировки и хранения подвески.

4.2. SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Представим интерактивные матрицы проекта. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.2–4.5.

Таблица 4.2. - Возможности проекта и сильные стороны

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	-	+	-	-	-
	B3	-	+	-	+	-
	B4	-	+	-	+	-
	B5	+	+	-	-	-

Таблица 4.3. - Возможности проекта и слабые стороны

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	+	-
	B2	-	-	-	-	-
	B3	-	-	-	-	-
	B4	-	-	-	-	-
	B5	-	-	-	-	-

Таблица 4.4. - Угрозы проекта и сильные стороны

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	-	-	-

	y2	-	-	-	-	-
--	----	---	---	---	---	---

Таблица 4.5. - Угрозы проекта и слабые стороны

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	-	+	-
	У2	-	+	-	-	-

Результаты выполнения SWOT-анализа представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6. – Результаты SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>С1. Низкая стоимость исходного сырья</p> <p>С2. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции</p> <p>С3. Взаимосвязи ТПУ с потенциальными заказчиками</p> <p>С4. Экологичность технологии</p> <p>С5. Квалифицированный персонал</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Невысокие объемы производства</p> <p>Сл3. Риск нарушения правил безопасности и возникновения различных непредвиденных ситуаций</p> <p>Сл4. Вероятность получения брака</p> <p>Сл5. Большой срок поставок материала, используемого при проведении научного исследования</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Внедрение технологии в производство</p> <p>В4. Участие в грантах</p> <p>В5. Выход на зарубежные рынки</p>	<p>Направления развития</p> <p>В2С2. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции позволит расширить спрос</p> <p>В3С2С4. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции и экологичность технологии являются основанием для внедрения технологии в производство</p> <p>В4С2С4. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции и экологичность технологии позволит участвовать в грантах</p> <p>В5С1С2. Низкая стоимость исходного сырья и высокий уровень физико-механических</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p>В1Сл4. Новейшее оборудование позволит на ранних стадиях исследование выявить и предотвратить появление брака</p>

	свойств продукции является хорошим основанием для выхода на зарубежные рынки	
Угрозы У1. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок У2. Разработка новых технологий конкурентами и снижение цен	Угрозы развития У1С1С2. Более ускоренные темпы разработки и производства и поиск технологического решения для ускорения технологического процесса	Уязвимости: У2Сл2. Разработка новых технологий для увеличения объема производства У1Сл4. Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения брака

SWOT-анализа позволил определить факторы отрицательно влияющие на продвижение разработки на рынок. К таким факторам относятся: невысокие объемы производства; вероятность получения брака; вероятность получения брака. Результаты проведенного SWOT-анализа учтены в процессе дальнейшей разработки структуры работ, которые необходимо выполнить в научно-исследовательском проекте.

4.3. Структура работ в рамках научного исследования

Представим линейный график выполнения всех работ. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по выполнению НТР представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7. – 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	Календарное планирование выполнения ВКР	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	Проведение эксперимента	инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов НИР	инженер
	8	Корректировка расчетов	научный руководитель
Оформление отчета по	9	Оценка эффективности результатов	инженер

НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	инженер
	11	Подготовка к защите темы	инженер

4.4. Трудоемкость выполнения работ и график проведения исследования

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

Для оценки трудоемкости проводимых работ представим расчет показателей: трудоемкость, продолжительность одной работы, календарный коэффициент.

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.

Исходя из рассчитанной ожидаемой трудоемкости работ, была определена продолжительность каждого этапа работы (в рабочих днях T_p), учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, а также возможность выполнения нескольких видов работ в один временной промежуток. Далее с помощью формулы 4.2 рассчитана продолжительность одной работы в рабочих днях:

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

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.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.8.

Таблица 4.8. – Временные показатели проведения научного исследования

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	1,1		2		2,1		2,4	2,9
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1,1	1,1	2	2	2,3	1,46	1,46	2
3. Обзор научной литературы		8		10		8,8	8,8	13
4. Выбор методов исследования		8		10		8,8	8,8	13
5. Планирование эксперимента		21		22		21,4	21,4	32
6. Проведение эксперимента		7		12		9	9	14
7. Анализ полученных результатов НИР		3		5		3,8	3,8	6
8. Корректировка расчетов		5		8		6,2	6,2	9
9. Оценка эффективности результатов		7		10		8,2	8,2	12
10. Составление пояснительной записки		7		10		8,2	8,2	12
11. Подготовка к защите темы		8		10		8,8	8,8	13
Итого	2,2	75,1	4	99		84,66	84,66	126

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

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.9).

Таблица 4.9. – 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 Исп2	2,9														
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	2														
3	Обзор научной литературы	Исп2	13														
4	Выбор методов исследования	Исп2	13														
5	Планирование эксперимента	Исп2	32														
6	Проведение эксперимента	Исп2	14														
7	Анализ полученных результатов НИР	Исп2	6														
8	Корректировка расчетов	Исп1 Исп1	9														
9	Оценка эффективности результатов	Исп1 Исп2	12														
10	Составление пояснительной записки	Исп2	12														
11	Подготовка к защите темы	Исп2	13														

Примечание:

||||| – Исп 1 (научный руководитель)

▒▒▒▒ – Исп 2 (инженер)

4.5. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования (НТИ) учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением.

Представим результаты расчета потребности в материалах на НТИ в таблице 4.10.

Таблица 4.10. – Затраты на получение образца нано-порошок Cu и Zn

Наименование статей	Кол-во/1 изд	Цена, руб./г	Итого затраты, руб.
нанопорошок Cu, Zn	5,0г	100	1000
Вода дистиллированная ГОСТ 6709-72, л	1	200	200
Маски	1	15	15
Мыло туалетное ГОСТ 28546- 2002 ГОСТ 790-89	1	37	37
Перчатки резиновые, технические ГОСТ 20010-93, пар	1	12	12
Итого:			1250 руб

Представим расчет потребности в оборудование для научных (экспериментальных) работ в таблице 4.11.

Таблица 4.11. – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.	Амортизация, тыс. руб.
1	СЭМ ОРТО-EDU A36.6401 (Rohs, Китай)	1	10	60	60	6
2	Лазерный анализатор SALD-7101 (Shimadzu, Япония)	1	10	500	500	50
3	Ультразвуковая ванна ГРАД 28-35 (Grade Technology, Россия, 55 Вт)	1	10	35	35	3,5
4	Весы ALC-110d4 Acculab, Россия, точность $\pm 0,0001$	1	10	50	50	5
5	Аквадистилл	1	10	45	45	4,5

	ятор ДЭ-4 ГЗМОИ, Тюмень Медико, Россия						
Итого :	680 тыс. руб.						69

Представим результаты расчета потребности в трудовых ресурсах для научных (экспериментальных) работ в таблице 4.12.

Таблица 4.12. – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	k_{np}	k_{∂}	k_p	$Z_m, руб$	$Z_{\partialн}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	9	19325,7
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	120	219630,6
Итого:								238956,3

Отметим, что величину расходов по заработной плате определили с учетом трудоемкости выполняемых работ. В состав основной заработной платы включается оплата по окладу, премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 30 % от оклада, работников, непосредственно занятых выполнением НИИ

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

$$Z_{осн} = Z_{\partialн} \cdot T_p, \quad (4.3)$$

где $Z_{\partialн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.8).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\partialн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\partial}} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (4.4)$$

где Z_m – должностной оклад работника за месяц; F_{∂} – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн.; 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):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_o} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (4.5)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_o) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (4.6)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_o) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (4.7)$$

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

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{бон}} = K_{\text{бон}} \times Z_{\text{осн}} = 0,15 \times 19325,7 = 2898,9 \text{ руб.} \quad (4.8)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{бон}} = K_{\text{бон}} \times Z_{\text{осн}} = 0,15 \times 219630,6 = 32944,59 \text{ руб.}, \quad (4.9)$$

где $K_{\text{бон}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

В таблице 5.13 приведем результаты расчета баланса рабочего времени исполнителей проекта.

Таблица 5.13. – 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

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

Для руководителя:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} (Z_{осн} + Z_{бот}) = 0,3 \times (19325,7 + 2898,9) = 6667,38. \quad (4.10)$$

Для инженера:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} (Z_{осн} + Z_{бот}) = 0,3 \times (219630,6 + 32944,59) = 76642,2 \quad (4.11)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

Накладные расходы включают прочие затраты организации, которые не учтены в предыдущих статьях расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, интернета и т.д.

Накладные расходы

$$Z_{нак} = (\text{сумма статей } 1 \div 3) \cdot k_{нр}$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, принимаем в размере 16%.

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в табл. 4.14.

Таблица 4.14. – Бюджет затрат проекта

Статьи							
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
69000	1024	238956,3	35843,45	82439,92	991525,34	158644,05	1150169,39

4.6. Определение ресурсной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегрального показателя ресурсоэффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НТР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.15).

Таблица 4.15. – Сравнительная оценка характеристик вариантов НТР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Вар.1	Вар.2	Вар.3
1. Ремонтпригодность	0,1	3/0,3	4/0,4	5/0,5
2. Стабильность работы	0,1	3/0,3	4/0,4	4/0,4
3. Долговечность	0,15	3/0,45	3/0,45	5/0,75
4. Безопасность при использовании установки	0,20	5/1	5/1	5/1
5. Помехоустойчивость	0,15	3/0,15	4/0,6	4/0,6
6. Потребность в ресурсах памяти	0,15	4/0,6	3/0,45	4/0,6
7. Простота эксплуатации	0,15	5/0,75	4/0,6	5/0,75
ИТОГО	1	26/3,55	27/3,9	32/4,6

$$I_{p-вар1} = 3,55; I_{p-вар2} = 3,9; I_{p-вар3} = 4,6.$$

На основании полученных интегрального финансового показателя и интегрального показателя ресурсоэффективности был рассчитан интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{вари}$) по формуле:

$$I_{вари} = \frac{I_{p-вари}}{I_{финр}}. \quad (4.12)$$

$$I_{вар1} = \frac{3,55}{1} = 3,55, I_{вар2} = \frac{3,9}{0,99} = 3,93, I_{вар3} = \frac{4,6}{0,92} = 5.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НТР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.16).

Таблица 4.16. – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
1	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,55	3,9	4,6
2	Интегральный показатель эффективности	3,55	3,93	5
4	Сравнительная эффективность вариантов	Вар.1/Вар.2 = 0,91	Вар. 2/Вар. 1 = 1,08	Вар. 3/Вар. 1 = 1,3 Вар. 3/Вар. 2

исполнения	Вар. 1/Вар. 3= 0,77	Вар. 2/Вар. 3 = 0,84	= 1,2
------------	------------------------	-------------------------	-------

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 3 (данная разработка), так как показатель его сравнительной эффективности по отношению к каждому из сравниваемых вариантов больше 1.

4.7. Выводы по разделу

1. Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НТР как наиболее предпочтительного и рационального по сравнению с остальными.

2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работы – 142 дней; общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер, – 136; общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель, – 9;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 1150169,39 руб;

4. По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

1) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,6, по сравнению с 3,55 и 3,9;

2) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5, по сравнению с 3,55 и 3,93, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Научная деятельность осуществляется в лаборатории кафедры нанотехнологий и наноматериалов Томского Политехнического университета. Лаборатория находится на втором этаже корпуса номер 15 ТПУ. Общая площадь помещения лаборатории составляет 12 м² с размерами 3х4х3 м. Пол покрыт ламинатом, на стенах находится кафель, потолок побелен влагоустойчивой водоэмульсионкой, которая не содержит токсинов, представляющих угрозу для здоровья и жизни человека. В лаборатории есть 2 окна, через которое пропускается естественное освещение. А также используется искусственное освещение, в качестве двух ламп на потолке лаборатории.

В лаборатории ТПУ находится следующее оборудование: лазерный анализатор частиц SALD-7101, Shimadzu, Япония; рабочий стол с компьютером; магнитная мешалка MS-3000 Biosan, Латвия; ультразвуковая ванна ГРАД 28-35, Россия-30 мин, Мощность генератора, 110 Вт; 1 вытяжной шкаф; 2 шкафа для хранения лабораторной посуды; 1 шкаф для хранения химикатов; 2 рабочих стола; 1 раковина.

В ходе исследований была разработана метод ведения работ в лаборатории. Для определения массы навески 0,20 г нано-порошка Cu и Zn проводили взвешивание на аналитических весах Acculab ALC-210D4, Германия. Для определения дисперсионного состава нано-порошка Cu и Zn с помощью метода ЛД готовили суспензии на основе дистиллированной воды. Затем суспензию помещали в ультразвуковую ванну на 5, 15 и 30 минут и после заливали в лазерный анализатор частиц SALD-7101, Shimadzu, Япония для получения распределения частиц по размерам.

5.1. Анализ выявленных вредных факторов

Вредностью являются факторы, негативно влияющие на здоровье и жизнь человека в процессе ведения какой-либо деятельности в условиях производства.

Существует три вредных фактора производственного риска [43], которые могут привести к ухудшению состояния здоровья, увеличению заболеваемости, различным травмам и снижению работоспособности работников: биологические; физические; химические.

При выполнении эксперимента в лаборатории, в основном попадают в рабочую зону вредные примеси (нано-порошок Cu, Zn и пары азотной, серной и соляной кислот). Для контроля вредных примесей, необходимо соблюдать предельно допустимые концентрации

ПДК, описанные в ГОСТе 12.1.005-88 [44]. Данные по контролю ПДК попадающих вредных веществ в лаборатории описаны в таблице 5.1.

Оксид алюминия имеет большое применение в промышленности и поэтому создается масса лабораторий по производству данного типа nano-порошка. Каждый день при работе с nano-порошком операторы сталкиваются с прямым попаданием наночастиц в организм.

НЧ Cu и Zn приводят к целому спектру ответов тканей в организме. Попадание НЧ может привести к летальному исходу, генерации активных форм кислорода, а также к воспалительным процессам внутренних органов. Если частицы вдохнуть, при естественном процессе диффузии они могут попасть во все отделы дыхательной системы человека.

Таблица 5.1. – Предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны по ГОСТу 12.1.005-88 [44]

Название вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
Cu и Zn	6	A*	4	Ф*
Азотная кислота	2	A	3	-
Серная кислота	1	A	2	-
Соляная кислота	5	A	2	-
A-аэрозоль				
Ф-аэрозоли. преимущественно фиброгенного действия				

Как все мы знаем, чем меньше размер частиц (10 нм), тем легче попасть в потенциально чувствительные системы, такие как лимфатические узлы, сердце и костный мозг. В случае нарушения правил безопасности при использовании nano-порошков наночастицы попадут в желудочно-кишечный тракт. Наиболее распространенный тип приема наночастиц через кожу. В частности, необходимо тщательно закрыть поврежденные участки кожи и изгибы. В качестве средств индивидуальной защиты необходимо использовать одноразовые перчатки для защиты рук, которые следует заменять каждые 3 часа. Для защиты органов дыхания и других систем следует использовать RPDS общего назначения и защищенные от пыли. Фильтр может очищать вдыхаемый воздух от наночастиц и других вредных примесей. Концентрация этих примесей не превышает максимально допустимую концентрацию (ПДК) ГОСТ Р 12.4.233-2012 [45] и ГОСТ 17269-71 [46].

Наночастицы, попадающие в воздух во время работы, склонны к агломерации. После агрегации наночастиц их размер увеличится, и они могут попасть на кожу, одежду и оборудование. Чтобы наночастицы не попали на кожу и одежду, вы должны носить пижаму или одежду, специально предназначенную для лабораторного использования.

5.1.1. Микроклимат производственной среды

Микроклимат производственной среды включает влажность воздуха, оптимальную температуру и интенсивность теплового излучения. Все факторы микроклимата оказывают большое влияние на персонал, его здоровье и работоспособность. Поэтому, согласно ГОСТ 12.1.005-88 [44] (табл.5.2), необходимо соблюдать оптимальный и допустимый микроклимат студии. Работа лабораторного персонала классифицируется как легкая промышленность Ib.

Таблица 5.2. – Требования к микроклимату лаборатории согласно ГОСТу 12.1.005-88 [44].

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	22 - 24	40 - 60	0,1
Холодный	21 - 23	40 - 60	0,1

Помещение и его размеры (площадь, объем) должны сначала соответствовать количеству рабочих и оборудованию, находящемуся в нем.

Чтобы обеспечить нормальные условия труда, гигиенический стандарт САНПиН 2.2.1 / 2.1.1.1031-01 [47] предусматривает, что каждый рабочий должен занимать площадь пола 4,5 м² и объем воздуха 20 м³. Помещение лаборатории имеет следующие параметры: длина помещения – 4 м; ширина – 3 м; высота – 3 м. Согласно с этим параметрам площадь помещения составляет 12 м², а объем $V = 36$ м³. В лаборатории 2 сотрудника. Это означает, что у каждого есть рабочая площадь 6 м² и объем воздуха 18 м³. Познакомьтесь со стандартами здоровья.

5.1.2. Анализ выявленных опасных факторов

Опасность механического повреждения. Риск получения травмы в случае контакта предметов или их частей с людьми. В этой лаборатории ни один объект не представляет механической опасности. Высокотемпературные объекты, кипящие жидкости могут вызвать тепловые опасности, приводящие к термическим ожогам. В этой лаборатории никакие объекты не представляют термическую опасность.

Электробезопасность - это система организационных и технических мер, которая означает защиту людей от вредного воздействия тока, дуг, электромагнитных полей и статического электричества.

Чаще всего встречаются электротравмы: прикосновение к проводам, которые находятся под напряжением. Причинами данного типа травм являются: неисправность приборов и электропроводки; неосторожность, неопытность работника; присутствие детей в лаборатории, их неопытность и недисциплинированность; повреждение изоляции провода.

Открытая металлическая поверхность и токовая оболочка повреждены из-за изоляции. В каждом из электроустановок должно иметься средство защиты – заземление. Поэтому в лаборатории все электрические приборы с металлическими корпусами строго установлены на полу. Пол лаборатории покрыт непроводящим токомматериалом, а деревянный материал - ламинатом.

Пожаро-взрывобезопасность класса В2. Опасность взрыва считается металлическим нанопорошком. Поскольку они имеют очень большую удельную поверхность в нанометровом состоянии, это делает их взрывоопасными. Однако при производстве нанопорошков никеля поверхность частиц пассивируется (покрывается оксидной пленкой), что предотвращает самовозгорание порошка при контакте с воздухом. Основными средствами пожаротушения являются огнетушители. Лаборатория оснащена 5-литровым ручным порошковым огнетушителем ОП.

В лаборатории работники должны включить вентиляционное оборудование. Для обеспечения безопасности следует использовать газоанализатор для проверки помещения на наличие вредных смесей и газов в воздухе.

5.1.3. Анализ показателей шума

Источником шума на месте является в основном звук, вызванный производственной деятельностью экспериментального оборудования. Воздействие шума на людей зависит от воздействия на органы слухового аппарата.

Помимо негативного воздействия на органы слуха, шум также наносит вред другим органам и тканям организма. Особенно для разрушение центральной нервной системы. В течение долгого времени в шумной обстановке у людей будут неврологические нарушения слуха, сопровождающиеся раздражительностью, потерей памяти, апатией, плохим настроением, изменениями чувствительности кожи и другими заболеваниями, особенно медленным психическим ответом и нарушением сна.

ГОСТ 12.1.003-83 устанавливает уровень звукового давления и эквивалентные уровни звука на рабочем месте компаний-производителей в диапазоне частот 31,5-8000 зависит от тяжести и интенсивности труда уровень звука герц и эквивалентный уровень звука на рабочем месте производственное оборудование -80дБА. Непрерывный шум > 85дБА. Согласно нормативным документам СН 2.2.4 / 2.1.8.562-96 и ГОСТ 12.1.003-83, вызывая непрерывный рост порога слуха, профессиональные заболевания (глухота, потеря слуха) для увеличения крови стресс, чтобы уменьшить скорость реакции и внимание. Основной метод снижения шума: уменьшение источника шума; использование устройства для изоляции источника шума; и носить противозумные наушники.

5.1.4. Анализ освещенности рабочей зоны

В лаборатории используется искусственное и естественное освещение. Поскольку работа в основном визуальная, естественного освещения недостаточно, особенно в темноте.

Правильно спроектированное и выполненное освещение может обеспечить высокий уровень производительности, оказать положительное психологическое воздействие на людей и помочь повысить производительность труда. Это следует учитывать при выборе типа ламп, требований к освещению, экономических показателей и условий окружающей среды.

В помещениях люминесцентные лампы типа ОД используются в качестве источников света для искусственного освещения. Лампы наружного освещения (двусторонние лампы с открытым цоколем) предназначены для помещений с хорошей отражающей способностью потолка и стен, а также допускают умеренную влажность и пыль. В соответствии с гигиеническими требованиями на рабочем месте следует использовать естественное и искусственное освещение. Лаборант продолжал работать на ПК и улучшил зрение. В соответствии со стандартом освещения и отраслевым стандартом для внутреннего освещения при использовании с ПК, рекомендуется использовать от 300 люкс до 500 люкс для общего освещения.

Помещение имеет размеры: a – длина помещения – 3 м; b – ширина – 3 м; h – высота – 3 м. Рекомендуемое комнатное освещение - $E = 300$ люкс со средней разницей на темном фоне. $q_n = 70$, $q_c = 50$, $q_z = 10$, где q_n – коэффициент отражения светового потока от потолка; q_c - коэффициент отражения светового потока от стен.

$$H = h - n_n - n_c = 3 - 0,9 - 0,1 = 2\text{м}$$

где n_n - высота рабочей поверхности; n_c - расстояние светильников от перекрытия.

Для освещения используется светильник типа ОД мощностью 40 Вт, а оптимальное расположение светильника составляет $\lambda = 1,5$. Расчетная длина между двумя рядами светильников: $L = \lambda \cdot h = 1,5 \cdot 2 = 3$ м.

Число рядов светильников: $n = b/L = 3/3 = 1$, где b – ширина помещения. Выбирал $n=1$ ряда светильников. Тогда индекс освещения:

$$i = \frac{S}{(A+B) \times n} = \frac{9}{(3 \times 3) \times 1} = 1.$$

Зная коэффициент отражения световых лучей в потолке, стенах и полах в лаборатории, вы можете определить коэффициент использования световых лучей:

$$\eta = \frac{q_n + q_c + q_z}{3} = \frac{70\% + 50\% + 10\%}{3} = 43,33\%.$$

Световой поток лампы ЛБ составляет $F_0=2480$ лм. Тогда световой поток светильника ОД, состоящего из двух ламп: $F=2 \cdot F_0=2 \cdot 2480=4960$ лм.

Определим необходимое число светильников в ряду:

$$N = \frac{E \times S \times Z \times K}{n \times F \times \eta \times \gamma} = \frac{300 \cdot 9 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{2 \cdot 4960 \cdot 0,43 \cdot 1} = 1,09 \approx 1$$

где $Z=1,15$ -коэффициент неравномерности освещения; $K=1,5$ – коэффициент запаса; $\gamma=1$ – коэффициент затемнения.

При длине светильника $l_{св}=0,933$ м, их общая длина составляет:

$$l_{общ} = N \cdot l_{св} = 1 \cdot 0,933 = 0,933 \text{ м}$$

Расстояние между светильниками:

$$l = \frac{A - l_{общ}}{N + 1} = \frac{3 - 0,933}{1 + 1} = 1,0335 \text{ м}$$

Поэтому, в лаборатории необходимо установить три светильника в один ряд (рис.5.1)

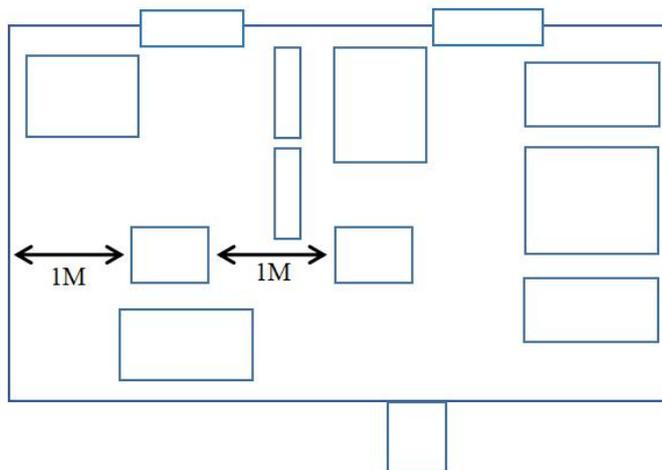


Рисунок 5.1. План размещения светильников.

5.2. Охрана окружающей среды

Лаборатория находится на территории Томского политехнического университета корпуса номер 15. На расстоянии 300 м от корпуса, в котором находится лаборатория, расположен корпус ТПУ номер 10 и на расстоянии 500 метров размещены ближайшие жилые дома.

При попадании наночастиц в воздух они образуют стабильные золи, поэтому во избежание этого необходимо устанавливать специальные фильтры для очистки воздуха по ГОСТу Р51251-99 [48]. Используйте грубые фильтры (5-10 мкм) и фильтры тонкой очистки (0,3-5 мкм).

Двери с высокой степенью герметизации были установлены в лаборатории для предотвращения попадания наночастиц в лабораторию. Рабочая одежда размещается в специально отведенных шкафах.

Используемые в лаборатории реагенты и нано-порошки не превышали максимально допустимую концентрацию в воздухе.

После эксперимента отходы образовались и должны быть выброшены в специально отведенные контейнеры или мешки. Когда наночастицы попадают в канализацию, они могут оказывать вредное воздействие на микроорганизмы (крупные блохи), пресноводных организмов и млекопитающих, которые являются важной частью жизненной цепи.

После приема внутрь наночастицы имеют более длительный период разложения и удаления. Прием внутрь или удаление наночастиц может длиться десятилетиями. Многие металлические частицы вступают в реакцию с микроэлементами в почве и образуют вредные для организма вещества [49].

Наблюдается замедленный рост растений [50]. Для контроля попадания предельно допустимых концентраций наночастиц в литосферу, существует нормативный документ ГН 2.1.7.2014-06 [51].

5.2.1. Защита в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация, это сочетание опасных событий или событий, которые угрожают безопасности.

1) Внешние технические продукты, вода, стихийные бедствия, данные о сбое питания и т. д.;

2) внутренняя техническая сложность, недостаточная квалификация персонала, структурные дефекты, физический и моральный износ оборудования, снижение трудовой и технической дисциплины и т. д.

Наиболее вероятная техническая авария в лаборатории - пожар

В лаборатории наиболее вероятно возникновение технической аварийной ситуации (ЧС). Если в лаборатории возникает чрезвычайная ситуация, необходимо принять следующие меры. Необходимо использовать защитные средства для эвакуации персонала приюта, обеспечить людей средствами индивидуальной защиты и организовать медицинскую помощь пострадавшим.

5.2.2. Анализ электробезопасности

Наибольшую опасность при эксплуатации электрооборудования, а также при проведении ремонтных и профилактических работ представляет электрический удар, вызванный токоведущими частями и соединениями с токоведущими частями оборудования.

В соответствии с условиями поражения электрическим током, опасность поражения электрическим током отсутствует. Лаборатория относится к категории повышенной опасности.

Причина, поражения электрическим током должна быть устранена.

Меры, принятые для устранения факторов поражения электрическим током:

- Под руководством всего персонала, который начинает использовать электрооборудование на рабочем месте, они могут работать самостоятельно только после проверки знаний техники безопасности;

- постоянно контролировать качество и ремонтпригодность защитных устройств и заземления, и использовать только защитные устройства для ремонта и регулировки существующих электрических устройств;

- Эксплуатация электроустановок включает в себя введение необходимых технических документов, гарантирующих невозможность прикосновения к токоведущим частям, а также заземление оборудования и электрооборудования.

5.2.3. Анализ пожарной безопасности

Лаборатория, занимающаяся этой работой, относится к категории пожароопасности категории В2. Для тушения пожара лаборатория должна принять следующие меры: - огнетушители жидкие ОХП-10, ОВП-10, рабочее расстояние 6-8 м; - использовать песок для обесточивания горящих проводов на горизонтальной поверхности; - щит из асбеста

используется для тушения пожара. Жидкость, проволока, горячая одежда. При тушении напряжением существует риск поражения электрическим током, поэтому в зданиях, где должен быть потушен пожар, необходимо отключить питание.

При работе в лаборатории не производится обработка (включая транспортировку и хранение) веществ, которые образуют взрывоопасную атмосферу. Соблюдая все меры предосторожности, можно избежать несчастных случаев и травм. Для предотвращения пожара или взрыва необходимо: -уменьшить вероятность возникновения искр и чрезмерного перегрева, вызванного легковоспламеняющимися веществами, -произвести постоянный и эффективный воздухообмен (режим вентиляции). Обучение технике безопасности является одним из средств обеспечения безопасности труда. Брифинг включает в себя обучение работников технике безопасности и методам работы. План побега показан на рисунке 5.2.

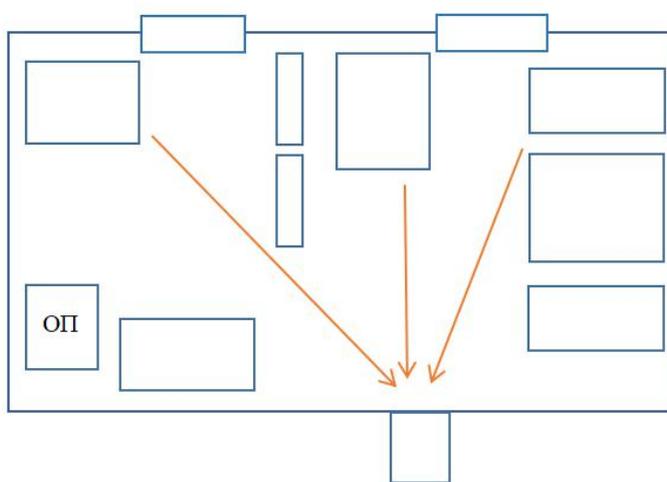


Рисунок 5.2. План эвакуации из химической лаборатории (УЖФ): ОП – огнетушитель переносной.

5.3. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Промышленные нанопорошки все чаще используются в различных отраслях промышленности. Поэтому для обеспечения безопасности при использовании наноматериалов во всем мире быстро внедряются нормативные рамки.

По постановлению от 23.07.2007 № 54 «О надзоре за продукцией, полученной с использованием нанотехнологий и содержащей наноматериалы», где использование наноматериалов носит негативное воздействие на организм человека и окружающую среду.

В настоящее время на основе исследований, производства и утилизации наноматериалов в Российской Федерации создается большое количество нормативных проектов. Были сформированы мероприятия по оценке токсикологии и гигиенической

безопасности наноматериалов [51]. Был определен состав наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека: [52]. Была также разработана биомедицинская оценка безопасности наноматериалов и разработаны процедуры отбора проб для выявления, идентификации и характеристики воздействия наноматериалов на организмы [53].

5.4. Выводы по разделу

При проведении научных исследований мы должны обращать внимание на такие опасные факторы, как шум, вредные вещества и пожары. Они могут угрожать физическому и психическому здоровью людей, могут загрязнять окружающую среду и даже вызывать серьезные материальные убытки. Мы должны быть полностью готовы предотвратить следующее:

1. Для микроклимата мы должны контролировать влажность, температуру и скорость воздуха в помещении.
2. Для шума, мы должны заранее подготовить звукоизоляционные инструменты.
3. В случае недостаточного освещения необходимо подготовить достаточное количество света для соответствия стандартной яркости.
4. При возникновении пожара противопожарное оборудование должно быть подготовлено без эвакуационных препятствий, а персонал должен регулярно обучаться навыкам пожарной безопасности.
5. С опасными веществами следует обращаться надлежащим образом для предотвращения загрязнения и экономии энергии.

6. СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Хэ Я. Влияние состава среды и размера частиц на агрегацию НЧ Cu // Материалы II Международной научно-практической конференции "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов", 27-29 апреля 2021 г., г.Томск: Изд-во ТПУ, 2021. - В печати

7. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ali B.R., Majid M., Mahnaz M.R. Low toxic antibacterial application with hydrophobic properties on polyester through facile and clean fabrication of nano copper with fatty acid // *Materials Science and Engineering*. – 2019. – Vol.97. – P.177-187.
2. Tamer S., Osama E., Ahmed M.E.K., Atsushi T., Nobuhiro M. Novel application of nanoscale zero valent iron and bimetallic nano-Fe/Cu particles for the treatment of cesium contaminated water // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – 2018. – Vol.6. – P. 4253-4264
3. Young-Sun M., Eun-Sil P., Tae-Oh K., Hoi-Seon L., Sung-Eun L. SELDI-TOF MS-based discovery of a biomarker in *Cucumis sativus* seeds exposed to CuO nanoparticles // *Environmental toxicology and pharmacology*. – 2014. – Vol.645. – P.922-931.
4. Imtiaz A., Bo Z., Muhammad M., Wenhong F. Effect of different shapes of Nano-Cu₂O and humic acid on two-generations of *Daphnia Magna* // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2021. – Vol.207. – P.111-274.
5. Jing L., Birendra D., George P. C. Copper oxide nanoparticles and arsenic interact to alter seedling growth of rice (*Oryza sativa japonica*) // *Chemosphere*. – 2018. – Vol.206. – P.330-337.
6. Handy R.D., von der Kammer F., Lead J.R., Hasselov M., Owen R., Crane M. The ecotoxicology and chemistry of manufactured nanoparticles // *Ecotoxicology*. – 2008. – Vol.17. – P.287-314.
7. Kanel S.R., Nepal D., Manning B., Choi H. Transport of surface-modified iron nanoparticle in porous media and application to arsenic (III) remediation // *Journal of Nanoparticle Research*. – 2007. – Vol.9(5). – P. 725-735.
8. Tiraferri A., Chen K.L., Sethi R., Elimelech M. Reduced aggregation and sedimentation of zero-valent iron nanoparticles in the presence of guar gum // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2008. – Vol.324(1-2). – P.71-79.
9. Rajput V., Minkina T., Fedorenko A., Sushkova S., Mandzhieva S., Lysenko V., Duplii N., Fedorenko G., Dvadnenko K., Ghazaryan K. Toxicity of copper oxide nanoparticles on spring barley (*Hordeum sativum distichum*) // *Science of the Total Environment*. – 2018. – Vol.645. – P.1103-1113.
10. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит, 2005. – 416 с.
11. ISO/TS 27687:2008. Nanotechnologies. Terminology and definitions for nano-objects. Nanoparticle, nanofibre and nanoplate.
12. NanoDictionary // *Nanotechnology Perceptions*. – 2005. – №1. – P. 147-160.

13. Журавлева Н.Г., Шляхтин О.А. Нанообъект // Словарь нанотехнологических терминов. Электронный ресурс: <https://thesaurus.rusnano.com/>
14. Мурашева К. С. Получение концентрированных дисперсий наночастиц меди путем восстановления аскорбиновой кислотой с применением стабилизатора желатозы // Молодежь и наука: сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания. Красноярск, 2013. – С. 255-299.
15. Орозматова Г.Т., Сатывалдиев А.С., Эмил О. Синтез наночастиц меди в присутствии додецилсульфата натрия // Сборник Кыргызско-Турецкого университета «Манас». – 2015. – С.541-546.
16. Солдатенко Е. М., Доронин С. Ю., Чернова Р. К., Захаревич А. М. Термолиз как способ получения наночастиц меди // Химия. – 2013. – Т.3. – С.13-20.
17. Назаренко О.Б. Электровзрывные нанопорошки: получение, свойства, применение. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 148с.
18. Zhao M., Xue-feng Z., Jingchao Z., Bin H., Yun Y. Application study of nano-copper based composite anti-friction coating for corrosion resistant couplings // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2017. – Vol.157. – P.1143–1147.
19. Yuhan L., Da J., Zhiheng H., Ning W., Rizhuang Q., Senrong Q. Research on process and application progress of nano-copper powder prepared by chemical liquid phase method // Science and Technology Innovation Herald. – 2018. – Vol.1647-098X – P.109.
20. Semenzin E., Subramanian V., Pizzol L., Zabeo A., Fransman W., Oksel C., Hristozov D., Marcomini A. Controlling the risks of nano-enabled products through the life cycle: The case of nano copper oxide paint for wood protection and nano-pigments used in the automotive industry // Environment International. – 2019. – Vol.1131. – P.104-901.
21. Yafei L., Cheng W., Mingfu E., Lixin S., Xiangrong K., Meixu V., Ronsun C. Progress in preparation and application of CuO nanomaterials // Applied chemical industry. – 2014. – Vol.1671– 3206. – P.1888.
22. Sweta S., Uttamb K.N., Rapid analyses of stress of copper oxide nanoparticles on wheat plants at an early stage by laser induced fluorescence and attenuated total reflectance Fourier transform infrared spectroscopy // Vibrational Spectroscopy. – 2017. – Vol.92.– P.135-150.
23. Zhou D. M., Jin S., Li L., Wang Y., Weng N., Quantifying the adsorption and uptake of CuO nanoparticles by wheat root based on chemical extractions // Journal of Environmental Sciences. – 2011. – Vol.23(11). – P.1852–1857.

24. Farhat Y., Naveed I. R., Abdul R., Setsuko K., Proteomic and physiological analyses of wheat seeds exposed to copper and iron nanoparticles // *Biochimica et Biophysica Acta*. – 2017. – Vol.1865. – P. 28-42.
25. Keni C., Jose A. H., Armando V., Carolina V., Jose A. N., Alejandro M., Marcos D., Jose R. P., Jorge L. G., Toxicity of copper hydroxide nanoparticles, bulk copper hydroxide, and ionic copper to alfalfa plants // *Environmental Pollution*. –2018. – Vol.243. – P.703-712.
26. Pravin K.T., Shwetab, Abhimanyu K. S., Vijay P. S., Sheo M. P. , Naleeni R., Durgesh K. T., Devendra K. C., Awadhesh K. R., Liquid assisted pulsed laser ablation synthesized copper oxide nanoparticles (CuO-NPs) and their differential impact on rice seedlings // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2019. – Vol.176 – P.321-329.
27. Zhenyan Z., Mingjing K., Qian Q, W.J.G.M. Peijnenburg, Tao L., Qi Z., Yizhi Y., Pengfei X., Benben D., Liwei S., Haifeng Q. Impact of copper nanoparticles and ionic copper exposure on wheat (*Triticum aestivum* L.) root morphology and antioxidant response // *Environmental Pollution* . – 2018. – Vol.239 – P.689-697
28. Ajey S., Singh N.B., Imtiyaz H., Himani S., Himani S. Effect of biologically synthesized copper oxide nanoparticles on metabolism and antioxidant activity to the crop plants *Solanum lycopersicum* and *Brassica oleracea* var. *Botrytis* // *Journal of Biotechnology*. – 2017. – Vol.262, – P.11-27.
29. Wenchao D., Wenjuan T., Ying Y., Rong J., Jose R. Peralta-Videa, Hongyan G., Jorge L., Gardea T. Differential effects of copper nanoparticles / microparticles in agronomic and physiological parameters of oregano (*Origanum vulgare*) // *Science of the Total Environment*. – 2018. – Vol.618. – P.306-312.
30. Suzanne A. A., Illya A. M., Alek C. L., Juan P. F., Jose R. P., Jorge L. G. Different forms of copper and kinetin impacted element accumulation and macromolecule contents in kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds // *Science of the Total Environment*. – 2018. – Vol.636 – P.1534-1540
31. Geisler-Lee J., Wang Q., Yao Y., Zhang W., Geisler M., Li K., Huang Yi., Chen Y., Kolmakov A.& Ma X., Phytotoxicity, accumulation and transport of silver nanoparticles by *Arabidopsis thaliana* // *Nanotoxicology*. - 2017. - Vol.7. - 323-337.
32. ГОСТ 8.777-2011. Определение размеров частиц по дифракции лазерного излучения, 2012
33. Henk G. M. Particle Size Measurements // *Particle technology series*. – 2009. – P.269-270.

34. Meretz S., Linke T., Schulz E., Hampe A., Hentschel M. Diameter measurement of small fibres: laser diffraction and scanning electron microscopy technique results do not differ systematically // *Journal of Materials Science Letters*. – 1992. – Vol. 11. – P.1471-1472.
35. Byung-Man K., Ji E.L., Jang-Hyuk A., Tae-Hong J. Laser diffraction particle sizing by wet dispersion method for spray-dried infant formula // *Journal of Food Engineering*. – 2009. – Vol.92. – P.324-330.
36. ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная. Технические условия.
37. Михайловский С.Г., Седельников В.В., Дроздов В.А., Тренихин М.В. Использование метода лазерной дифракции для оценки диспергирования пищевого комка в зависимости от микрорельефа окклюзионной поверхности зубов // *Терапевтическая стоматология*. – 2017. – Т.13. – С. 8-14.
38. Thomas P.J.L., Tsvetelina G, Vikram K., Jean C. Preparation and characterisation of two polydisperse, non-spherical materials as certified reference materials for particle size distribution by static image analysis and laser diffraction // *Powder Technology* – 2019. – Vol.343. – P.652-661.
39. Midander K., Wallinder I., Leygraf C. In vitro studies of copper release from powder particles in synthetic biological media // *Environmental Pollution*. – 2007. – Vol.145. – P.51-59.
40. Qiu Y., Mu Z., Wang N., Wang X., Xu M., Li H. The aggregation and sedimentation of two different sized copper oxide nanoparticles in soil solutions: Dependence on pH and dissolved organic matter // *Science of the Total Environment*. – 2020. – Vol.731. – P.139-215.
41. Syu Y., Hung J., Chen J., Chuang H., Impacts of size and shape of silver nanoparticles on Arabidopsis plant growth and gene expression // *Plant Physiology and Biochemistry*. - 2014. -Vol.83. - 57-64.
42. Рецепты питательных растворов для выращивания растений. Электронный ресурс: <https://gidroponika.com/content/view/35/237/>
43. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М: ИПК Издательство стандартов. – 2004. – 2с.
44. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартиформ. – 2008. – 48 с.
45. ГОСТ Р 12.4.233-2012. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Термины, определения и обозначения. – М.: Стандартиформ. – 2014. – 15 с.
46. ГОСТ 17269-71. Респираторы, фильтрующие газопылезащитные РУ- 60м и РУ-60му. Технические условия. – М.: Стандартиформ. – 2005. – 11с.

47. Estrada-Monje A., Zitzumbo-Guzman R., Banuelos-Díaz JA., Zaragoza-Contreras E A., Ultrasonic dispersion and activation of TiO₂ nanoparticles and its effect on bacterial inhibition in EVA films // *Materials Chemistry and Physics*. – 2019. – 235 – 121760.
48. ГОСТ Р 51251-99. Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка. – М.: ИПК Издательство стандартов, – 2002. – 6с.
49. Comparative ecotoxicity of the nano Ag, TiO₂ AND ZnO TO aquatic species assemblages // *Applied Ecology and Environmental Research*. – 2014. – 13(2). – 325- 338.
50. Анциферова И. В. Источники поступления наночастиц и их влияние на окружающую среду и человека // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. – 2012. – № 7. – С. 5-10.
51. ГОСТ 12.4.009-83. ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2001. – 4 с.
52. МУ 1.2.2520-09. Токсиколого-гигиеническая оценка безопасности наноматериалов. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. – 2009. – 35с.
53. МР 1.2.2522-09. Методические рекомендации по выявлению наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека. – М.: Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – 2009. – 4 с.