

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 22.04.01. Материаловедение и технологии материалов
Отделение школы Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Влияние морфологии наночастиц ZnO на корнеобразование пшеницы

УДК 546.47-31-022.532:633.11

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ92	Кузнецова Анастасия Евгеньевна		

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	Кашук И.В.	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Скачкова Л.А.	-		

По разделу «Приложение. Раздел на английском языке»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения иностранных языков	Демьяненко Н.В.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения материаловедения	Хасанов О.Л.	Д.Т.Н.		

Томск – 2021 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 22.04.01

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Осуществлять сбор и критический анализ информации, включая научные публикации, патенты, маркетинговые исследования в области материаловедения и технологии материалов
P2	Управлять научно-исследовательским и производственным проектом, включая критический анализ проблемных ситуаций, оценки потенциала коллектива и самооценки
P3	Способен представлять и защищать результаты своей работы и деятельности коллектива, включая планы научно-исследовательских работ, производственных проектов, научные публикации и доклады с использованием современных коммуникативных технологий, в том числе на иностранном языке.
P4	Руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
P5	Ориентироваться в современных технологиях новых материалов с учетом экономичности, требований готовой продукции и интеллектуального потенциала предприятия, производства или научной группы
P6	Внедрять в производство технологии получения керамических, металлических наноматериалов и изделий, включая эксплуатацию соответствующего оборудования.
P7	Эксплуатировать оборудование и обрабатывать экспериментальные результаты с целью изучения структуры и свойств материалов, диагностики их эксплуатационных характеристик
P8	Разрабатывать новые и модернизировать существующие технологии получения керамических, металлических материалов и изделий, в том числе наноматериалов

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 22.04.01. Материаловедение и технологии материалов
Отделение школы Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ О.Л. Хасанов
 « 15 » марта 2021г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ92	Кузнецова Анастасия Евгеньевна

Тема работы:

Влияние морфологии наночастиц ZnO на корнеобразование пшеницы	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 57-54/от 26.02.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1) Источники литературы: базы данных www.sciencedirect.com , www.elsevierscience.ru , www.researchgate.net 2) Оборудование и лабораторный инвентарь НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии», отделение материаловедения Томского политехнического университета 3) Объекты исследования: нанопорошки ZnO и Zn, полученные методами химического осаждения, электровзрывом и плазмохимическим синтезом; семена пшеницы. 4) Требования к результатам: зависимости, описывающие влияние размера, формы и концентрации наночастиц ZnO со средними размерами от 14...300 нм на биометрические параметры пшеницы.
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<p>1) выполнить литературный обзор по классификации, применению, методам получения, свойствам наночастиц ZnO и их влиянию на растительные тест-объекты;</p> <p>2) провести дисперсионный анализ нанопорошков Zn и ZnO с помощью методов просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии;</p> <p>3) изучить дисперсионные свойства водных суспензий наночастиц с помощью метода лазерной дифракции;</p> <p>4) экспериментально показать влияние размера, состава, формы и концентрации наночастиц Zn и ZnO на морфометрические параметры проростков пшеницы, включая степень стимулирования/подавления корня проростка, всхожесть, корневой индекс, скорость роста биомассы и длину побегов.</p> <p>5) провести сравнение биологических свойств наночастиц ZnO, Zn и ионов Zn²⁺ при прочих равных условиях.</p>
Перечень графического материала	Микрофотографии нанопорошков, кривые распределения частиц по размерам, фотографии проростков пшеницы, фотографии побегов, графики изменения биометрических параметров проростков пшеницы в зависимости от размера, концентрации и состава наночастиц.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	И.В. Кашук
Социальная ответственность	Л.А. Скачкова
Раздел ВКР на английском языке	Н.В. Демьяненко
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Разделы на русском языке: 1. Литературный обзор, 2. Экспериментальная часть, 3. Результаты и их обсуждение, 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, 5. Социальная ответственность	
Раздел на иностранном языке: 2. Экспериментальная часть (Experimental Part)	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.03.2021 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Годымчук А.Ю.	к.т.н.		15.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ92	Кузнецова А.Е.		15.03.2021

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 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
 Уровень образования магистр
 Отделение школы Отделение материаловедения
 Период выполнения весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.03.2021	1. Литературный обзор	20
15.04.2021	2. Экспериментальная часть	20
31.05.2021	3. Результаты и их обсуждение	30
31.05.2020	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоемкость	10
31.05.2020	5. Социальная ответственность	10
31.05.2020	6. Приложение на иностранном языке	10

СОСТАВИЛ: Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Годымчук А.Ю.	к.т.н.		15.03.2021

СОГЛАСОВАНО: Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения материаловедения	Хасанов О.Л.	д.т.н.		15.03.2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 110 страниц, 28 рисунков, 31 таблицу, 109 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: наночастицы оксида цинка, суспензии наночастиц, распределение наночастиц по размерам, электронная микроскопия, лазерная дифракция, фитотоксичность, семена пшеницы, проростки, морфометрия.

Объектами исследования являются нанопорошки оксида цинка, полученные методами химического осаждения, плазмохимического синтеза и электрического взрыва проводников.

Цель работы: определение влияния размера, состава, формы и концентрации цинк-содержащих наночастиц на морфометрические свойства проростков пшеницы.

В работе проведено исследование влияния размера (14...300 нм), концентрации (10...1000 мг/л) и формы (волокнистой и сферической) наночастиц оксида цинка (ZnO) на биометрические параметры проростков пшеницы сорта «Ирень» (Томский район, Россия), включая степень стимулирования/подавления 2-суточных корней, всхожесть, корневой индекс, скорость роста биомассы и длина 9-суточных побегов. Приведено сравнение биологических свойств наночастиц ZnO, Zn и ионов Zn^{2+} при прочих равных условиях.

В результате показано, что добавление наночастиц Zn и ZnO с размерами 14...300 нм в среду прорастания может как стимулировать, так и подавлять корнеобразование пшеницы, при этом стимулирующие свойства цинка ухудшаются при увеличении его концентрации, увеличении размера наночастиц, а также в ряду «Zn...ZnO...Zn²⁺». Продемонстрировано также влияние формы, состава среды прорастания.

Степень внедрения: приготовлены суспензии наночастиц ZnO и Zn с концентрацией 10...100 мг/л на основе почвенного раствора Хьюитта, стимулирующие прорастание семян и развитие побегов пшеницы сорта «Ирень» на ранней стадии развития растения на 20...48%. Результаты

получены в рамках выполнения инициативного проекта «Оценка влияния промышленных нанопорошков на морфометрические параметры и всхожесть высших растений», выполняемой между сотрудниками ТПУ и Томского государственного университета.

Область применения: полученные данные можно использовать для прогнозирования влияния наночастиц на растительные тест-объекты и разработки лабораторных работ по исследованию биологических свойств наночастиц.

Экономическая значимость работы: стимулирование развития корневой системы пшеницы на ранней стадии развития высших растений при использовании водных суспензий наночастиц оксида цинка с размерами от 14 до 300 нм.

В будущем совместно с токсикологами установить зависимости между размером, степенью растворения и токсичностью порошков оксида цинка разного размера.

Используемые в работе сокращения:

НЧ – наночастицы;

ZnO-14 – наночастицы ZnO со средним размером 14 нм;

ZnO-25 – наночастицы ZnO со средним размером 25 нм;

ZnO-40 – наночастицы ZnO со средним размером 40 нм;

ZnO-100 – наночастицы ZnO со средним размером 100 нм;

ZnO-300 – наночастицы ZnO со средним размером 300 нм;

ПЭМ – просвечивающая электронная микроскопия;

СЭМ – сканирующей электронной микроскопии;

d_{cp} – средний размер частиц в суспензии;

R – степень стимулирования/подавления корня проростка;

B – всхожесть семян;

RI – корневой индекс.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	12
1.1. Нанопорошки: классификация, получение, применение.....	12
1.1.1. <i>Определение и классификация наночастиц.....</i>	<i>12</i>
1.1.2. <i>Получение наночастиц ZnO.....</i>	<i>12</i>
1.1.3. <i>Применение наночастиц ZnO.....</i>	<i>15</i>
1.2. Биологические свойства наночастиц	17
1.2.1. <i>Влияние размера наночастиц на всхожесть семян</i>	<i>17</i>
1.2.2. <i>Влияние концентрации наночастиц на фитотоксичность ..</i>	<i>18</i>
1.2.3. <i>Влияние формы наночастиц на корнеобразование.....</i>	<i>20</i>
1.2.4. <i>Сравнение влияния наночастиц и ионов на корнеобразование</i>	<i>21</i>
1.3. Постановка задач исследования	22
ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	24
2.1. Объекты исследования	24
2.2. Определение дисперсности наночастиц	24
2.2.1. <i>Определение размеров сухих наночастиц.....</i>	<i>24</i>
2.2.2. <i>Определение размера в суспензии</i>	<i>25</i>
2.3. Приготовление растворов и суспензий наночастиц	26
2.3.1. <i>Приготовление контроля – буферного раствора Хьюитта.</i>	<i>26</i>
2.3.2. <i>Приготовление суспензий наночастиц</i>	<i>27</i>
2.3.3. <i>Приготовление растворов Zn²⁺</i>	<i>27</i>
2.4. Исследование биологических свойств наночастиц	27
2.4.1. <i>Определение морфометрических параметров проростков ..</i>	<i>27</i>
2.4.2. <i>Пролонгированный эксперимент</i>	<i>29</i>
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	31
3.1. Физико-химические свойства наночастиц	31
3.1.1. <i>Характеристика сухих наночастиц.....</i>	<i>31</i>
3.1.2. <i>Дисперсионные свойства частиц в суспензиях.....</i>	<i>33</i>
3.1.3. <i>Влияние времени УЗ обработки на дисперсионные свойства суспензий</i>	<i>34</i>
3.1.4. <i>Влияние размера частиц на дисперсность суспензий</i>	<i>36</i>
3.2. Биологические свойства наночастиц	37
3.2.1. <i>Влияние концентрации Zn в среде прорастания семян.....</i>	<i>37</i>

3.2.2.	<i>Влияние размера наночастиц ZnO</i>	40
3.2.3.	<i>Влияние формы наночастиц</i>	43
3.2.4.	<i>Влияние состава наночастиц и сравнение с Zn²⁺</i>	45
3.3.	Выводы	47
ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ		50
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований	51
4.1.1	<i>Анализ конкурентных технических решений</i>	51
4.1.2	<i>SWOT-анализ</i>	52
4.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	56
4.2.2.	<i>Определение трудоёмкости выполнения работы и построение графика проведения работ</i>	57
4.3	Бюджет научно-технического исследования	60
4.3.1	<i>Расчёт материальных затрат научно-технического исследования</i>	61
4.3.2	<i>Расчет амортизации специального оборудования</i>	61
4.3.3	<i>Основная заработная плата исполнителей темы</i>	62
4.3.4	<i>Дополнительная заработная плата исполнителей темы</i>	64
4.3.5	<i>Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)</i> ..	64
4.3.6	<i>Накладные расходы</i>	64
4.3.7	<i>Бюджетная стоимость НИР</i>	65
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	66
4.5.	Выводы по разделу	68
ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ		71
5.1.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. ...	72
5.1.1.	<i>Производственная безопасность</i>	72
5.1.2.	<i>Анализ вредных производственных факторов</i>	74
5.1.3.	<i>Расчет освещенности помещения НИР</i>	79
5.2.3.	<i>Анализ опасных производственных факторов</i>	83
5.2.	Экологическая безопасность.....	83
5.2.1.	<i>Защита атмосферы</i>	84
5.2.2.	<i>Защита гидросферы</i>	85
5.2.3.	<i>Защита литосферы</i>	85

5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	87
5.4. Выводы.....	89
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	90
СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ.....	102

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивно развивающееся производство и применение наночастиц (НЧ) [1] создает условия для выделения НЧ в окружающую среду и контакта с биосферой. Поэтому определение экотоксичности постоянно создаваемых наноматериалов является одной из важных задач нанотехнологий. Известные данные по повышенной растворимости металлических НЧ [2, 3], их высокая миграционная активность в окружающей среде [4], малый размер и повышенная реакционная способность делают НЧ с одной стороны, потенциально опасными для растительного мира, с другой стороны, поставщиками необходимых микроэлементов в экосистемы. Несмотря на то, что в литературе имеются работы по влиянию разных НЧ на растительные тест-объекты [5-7], в силу большого разнообразия НЧ, до сих пор недостаточно данных по влиянию морфологии НЧ на корнеобразование высших растений.

Целью выпускной квалификационной работы является влияния размера, состава, формы и концентрации цинк-содержащих наночастиц на морфометрические свойства проростков пшеницы.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Нанопорошки: классификация, получение, применение

1.1.1. Определение и классификация наночастиц

Наночастицами (НЧ) называют объекты, у которых как минимум один из размеров (длина, ширина, высота) находится в нанометровом диапазоне (1...100 нм [8]) или в диапазоне от 10 до 1000 нм [9]. Отмечается, что наноматериалы обладают уникальными свойствами, такими как зависимость свойств от размера, большим значением отношения поверхности к объёму и многообещающими оптическими свойствами [10]. Наноматериалы подразделяются в основном на углеродистые (углеродные нанотрубки [11], графен [12] и фуллерены [13]), полупроводники [14], липиды [15], оксиды металлов [16], металлы [17], квантовые точки [18], нанополимеры [19] и дендримеры [20]

По строению различают два типа НЧ: частицы упорядоченного строения размером 1...5 нм, содержащие до 1000 атомов (нанокластеры или нанокристаллы) и, собственно, наночастицы с диаметром 5...100 нм, состоящие из 10^3 ... 10^6 атомов. Но такая классификация подходит только для изотропных частиц, так как нитевидные или пластинчатые частицы могут содержать больше атомов, иметь большие значения размеров в одном из трех направлений, но при этом также проявлять свойства, характерные для вещества в нанокристаллическом состоянии [21].

1.1.2. Получение наночастиц ZnO

Благодаря большому спросу на НЧ ZnO, способы их получения постоянно развиваются. Все методы синтеза можно разделить по технологическому подходу на две группы. Первая группа называется методами «снизу-вверх»: синтез заключается в создании изделий путём их сборки из отдельных атомов или молекул, а также элементарных атомно-молекулярных блоков, кластеров или зерна поликристалла [22, 23].

Примерами таких методов являются плазмохимический синтез [24], вакуумное напыление [25], золь-гель метод [26] и гидротермальный синтез [27].

Вторая группа методов получения называется «сверху-вниз» – заключается в уменьшении объектов до наноразмеров. К таким методам относят механосинтез, электровзрыв, интенсивная пластическая деформация и кристаллизация аморфных сплавов [22].

Наиболее часто методы синтеза классифицируют по природе воздействия на вещество на две группы. Физические методы включают измельчение различными способами, механосинтез, механическое легирование, процессы испарения (конденсации), фазовые переходы, газофазный синтез нанопорошков с контролируемой температурой и атмосферой; электровзрывной метод [28].

Химические методы объединяют такие способы, как осаждение, золь-гель метод, термическое разложение или пиролиз, газофазные химические реакции, химическое восстановление, гидролиз, электроосаждение, фото-и-радиационно-химическое восстановление, криохимический синтез [29].

Рассмотрим три способа получения, которые использованы в данной работе для синтеза объектов исследования: плазмохимический синтез, метод химического осаждения и метод электрического взрыва проводников.

Плазмохимический синтез применяется для получения нитридов, карбидов [30] и оксидов металлов [31], со средним размером частиц 10...200 нм [32].

В работе [33] НЧ ZnO получали следующим образом. СВЧ-установка состояла из коаксиального электрода, состоящий из цинкового внутреннего электрода с внешним диаметром 5 мм, тефлонового покрытия с внешним диаметром 11 мм и латунного внешнего электрода с внешним диаметром 45 мм. Наконечник внутреннего электрода был заострен для усиления электрического поля. Кроме того, поверх коаксиального электрода был закреплен латунный диск диаметром 39 мм и толщиной 5 мм. Цинковая

пластина толщиной 1 мм прикреплена к поверхности диска, обращенной к коаксиальному электроду. Расстояние между цинковой пластиной и кончиком внутреннего электрода составляла 1 мм. Плазма образовывалась в жидкости объемом 100 мл вокруг кончика внутреннего электрода в зазоре между верхним диском и коаксиальным электродом при 20 кПа с помощью микроволнового излучения мощностью 250 Вт в течение 30 с.

Главные преимущества данного метода заключаются в большом объеме производства, конденсации соединений и высокой скорости образования. Таким методом были получены НЧ ZnO с размерами 20 [34], 30 [35] и 50 нм [33].

Недостатками такого синтеза является высокое содержание примесей в порошке, широкая область распределения частиц по размерам и многостадийность процессов.

Методы химического осаждения заключаются в совместном осаждении (соосаждении) компонентов продукта из раствора в виде нерастворимых солей или гидроксидов. В работе [36] авторы в лабораторном стакане ёмкостью 250 мл растворяли 8 ммоль ацетата цинка в 90 мл дистиллированной воды. К полученному раствору добавлялись 10 мл 25% NH₄OH и полученная смесь нагревалась до 85°C при непрерывном перемешивании в течение 2 ч для получения молочно-белого осадка. Далее осадок отфильтровывался, промывался водой для удаления примесей и высушивался в печи при 70°C в течение 6 часов. Наконец, свежеприготовленный порошок прокаливали в муфельной печи в течение 2 часов при 300...400°C (скорость нагрева 21°C/мин). Цвет нанопорошка ZnO до и после прокаливания был белым. Таким методом были получены НЧ ZnO с размерами 15 [37], 30 [38] и 40 нм [39].

Метод электрического взрыва проводников заключается в процессе взрывного разрушения металлической проволоки под действием большой плотности тока (>10 А/см²) [40]. В работе [28] НЧ оксида цинка были образованы в процессе взрыва проволоки, при котором в цинковый проводник за короткое время в кислородной среде подавался большой ток. Получение

наночастиц проходило в типичной экспериментальной установке для производства наночастиц с помощью электрического взрыва проводников, которую можно разделить на источник высокого постоянного напряжения и проволочную взрывную камеру. Высокое постоянное напряжение было получено путем выпрямления переменного напряжения. Количество энергии, вводимой в проводник, регулируется изменением зарядного напряжения конденсатора. При замыкании переключателя энергия, запасенная в конденсаторе, вводится в проводник, и его профили напряжения и тока будут определяться сопротивлением, суммой индуктивности проводов и ёмкостью батареи. Ток в проводе проволоки вызывает джоулев нагрев проволочного проводника. Так как количество энергии, переданной проводнику, превышает энергию сублимации проводника, металлический проводник испаряется. Наночастицы оксида металла образовывались в результате реакции пара с кислородом и зародышеобразования.

Таким методом были получены нанопорошки Zn с размером 150 [41] и 100 нм [42] и нанопорошки ZnO с размерами 44 [28] и 44-62 нм [43].

1.1.3. Применение наночастиц ZnO

НЧ ZnO нетоксичны, имеют антимикробные, барьерные и механические свойства [44] и благодаря этому применяются в самых разных отраслях промышленности.

Благодаря своей способности поглощать ультрафиолетовое излучение, НЧ ZnO применяются в производстве компонентов оптоэлектронных устройств, солнечных батарей, газовых сенсоров, пьезоэлектрических преобразователей, люминесцентных материалов, катализаторов (в том числе фотокатализаторов), топливных элементов, различных полупроводниковых устройств и т.д. [45-48]. В работе [49] показано, что НЧ ZnO размером 290-320 нм эффективны в качестве ультрафиолетовых фильтров.

Благодаря своей биологической активности, НЧ ZnO являются отличными кандидатами для включения в сельское хозяйство и

продовольственный сектор в качестве пестицидов, фунгицидов и удобрений. Так, НЧ ZnO в работе [50] проявили инсектицидные свойства. Также ZnO может быть добавлен в состав пестицида-микронутриента для обеспечения необходимого количества цинка для распыления на сельскохозяйственных культуры или для суспендирования в воде вместе с диспергатором (например, лигносульфонатом кальция) [51].

В фармакологии ZnO используется в качестве компонента лекарственных средств, потому что ZnO оказывает противовоспалительное и адсорбирующее действие. Исследуются дополнительные возможности использования НЧ ZnO для доставки лекарств, в лечении рака и в антимикробных агентах [52]. Различные исследования показали, что НЧ ZnO показали высокую токсичность по отношению к раковым клеткам. Например, в работе [53] НЧ ZnO (10 нм) показали зависящую от концентрации (0,001...0,06 мг/мл) токсичность по отношению к клеткам карциномы шейки матки человека: их жизнеспособность уменьшилась на 5...50%, при этом не оказали значительного влияния на здоровые клетки почек собак Мадин-Дарби (жизнеспособность опустилась до 95% при максимальной концентрации НЧ). В работе [54] изучалось влияние НЧ оксида цинка на клетки лейкоза человека K562 и K562/A02 (клетки K562 с множественной лекарственной устойчивостью). Исследование показало, что клетки K562/A02 более чувствительны к присутствию НЧ. Более того, НЧ ZnO разных размеров показали разные результаты по отношению к двум линиям клеток, жизнеспособность которых была подавлена ультрафиолетовым излучением после инкубации с НЧ.

Благодаря своей избирательной токсичности (которая может зависеть от влияния ультрафиолета) НЧ ZnO могут применяться при фотодинамической терапии, которая является альтернативой инвазивному лечению онкологических заболеваний [55].

В работе [56] был проведён эксперимент, который показал, что НЧ ZnO могут быть использованы в качестве электродного модификатора для

амброксола, который применяется при лечении острых респираторных заболеваний.

Также НЧ ZnO могут применяться в качестве антимикробного покрытия в текстильной промышленности [57] и в производстве пищевых контейнеров с антимикробными свойствами [58].

В косметической промышленности НЧ ZnO применяются в качестве УФ-фильтра в кремах от солнца [59] и в минеральной косметике [60].

1.2. Биологические свойства наночастиц

1.2.1. Влияние размера наночастиц на всхожесть семян

Литературный обзор показал, что биологические свойства НЧ зависят от размера, концентрации и формы НЧ. Некоторые публикации, в которых изучалось влияние НЧ на высшие растения, представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Влияние размера наночастиц на высшие растения

Наночастицы	Условия эксперимента	Основной результат	Ссылка
ZnO 25...70 нм Sigma-Aldrich, Бразилия	[ZnO] = 50... 300 мг/л Проращивание: в пластиковых горшках с субстратом, влажность 70%, светопериод 12 ч, полив каждые 48 ч (20 дней). Тест-объект: фасоль <i>Vicia faba</i> (сорт Fava)	Усвоение НЧ листьями, подавление фотосинтеза. С уменьшением размера увеличивалась токсичность и растворимость частиц (НЧ 25 нм высвободили на 30% больше ионов Zn ²⁺ , чем НЧ 70 нм).	[61]
Ag 20...150 нм сферические метод химического осаждения	[Ag]=0,1...1000 мг/л тепличные условия семена замачивались в суспензиях НЧ 24 ч песок + питательный раствор гидропоника Тест-объект: рис <i>Oryza sativa</i> L.	При увеличении размера НЧ – уменьшение массы и длины корней и побегов.	[62]
Ag 10, 20, 51, 73 нм Сферические nanoComposix, США	[Ag]= 100 мг/л Проращивание: 90 семян, 96 ч светопериод 12:12 ч. Тест-объект: Лук репчатый <i>Allium cepa</i>	Цито- и генотоксическое влияние в клетках корней увеличивалось с уменьшением диаметра НЧ. Показано проникновение НЧ в клетку.	[63]

Наночастицы	Условия эксперимента	Основной результат	Ссылка
Ag 25, 50, 75 нм 5-8 мкм Sigma-Aldrich, Бразилия	[Ag] = 100 мг/л Тепличные условия Прорастание: 5-10 семян в горшках в течение 20 дн Введение 1,5 мл водных суспензий наночастиц в центральную жилу левого листа (правый – контроль) Тест-объект: фасоль <i>Vicia faba</i>	С уменьшением размера НЧ – больше образуется активных форм O ₂ , ухудшение усвоения CO ₂ , подавляется фотосинтез и проводимость устьев. Показано проникновение НЧ в клетку.	[64]

Анализ данных показал, что токсичность НЧ может увеличиваться как при увеличении размера [64], так и при его уменьшении [61]. При этом более высокая фитотоксичность НЧ ZnO меньшего размера была обусловлена высвобождением ионов Zn²⁺: НЧ ZnO с размером 25 нм высвободили на 30% больше ионов Zn²⁺, чем НЧ ZnO с размером 70 нм.

1.2.2. Влияние концентрации наночастиц на фитотоксичность

Литературный обзор показал, что на процесс корнеобразования растений большое влияние оказывает концентрация НЧ. Например, с увеличением концентрации происходит подавление процесса корнеобразования [65]. В этом исследовании было выявлено снижение всхожести ржи и кукурузы и частичное подавление роста корней при максимальной концентрации НЧ (2000 мг/л) (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Влияние концентрации наночастиц на высшие растения

Наночастицы	Условия эксперимента	Основной результат	Ссылка
ZnO 20±5 нм утолщённые на одном конце, эллиптические и кубические; Hongsheng Material Science and Technology Co., Китай	[ZnO]=10...1000 мг/л Прорастание семян в чашках Петри Тест-объект: Пшеница <i>Triticum aestivum L.</i> Сорт Xiaoyan 22	При [ZnO] < 200 мг/л – нет значительного влияния на всхожесть, максимальная урожайность и биомасса увеличилась на 56 и 63% соответственно при умеренных дозах; ZnO в данных условиях не проявил свойственную НЧ токсичность	[66]

Наночастицы	Условия эксперимента	Основной результат	Ссылка
ZnO 24 нм «зелёный» синтез с использованием экстракта семян чернушки посевной	[ZnO] = 0...1000 мг/л. Прорастание в чашках Петри Тест объект: Брокколи <i>Brassica oleracea</i>	При ~200 мг/л токсическое влияние не проявлялось. НЧ могут применяться в качестве наноудобрений для брокколи.	[67]
ZnO 20-30 нм «зелёный» синтез с использованием лимонной кислоты	[ZnO] = 100...1000 мг/л Прорастание в чашках Петри Тест-объекты: Рис <i>Oryza sativa L.</i> , горох <i>Vigna unguiculata L.</i>	При 100 мг/л – более раннее прорастание и увеличение длины корня проростков. При больших концентрациях заметна меньшая стимуляция.	[68]
ZnO < 50 нм Sigma Aldrich Chemical Co., США	[ZnO] = 25...100 мг/л Гидропоника Тест-объект: Рис <i>Oryza sativa L.</i>	НЧ ZnO были обнаружены в межклеточном пространстве и цитоплазме клеток корней риса. При 50 и 100 мг/л обнаружено уменьшение массы побегов (на 40,9 и 48,5%) и содержания воды в тканях корней (на 9,9 и 10,5%).	[69]
Zn 35 нм Zunye Nanomaterials Co. Ltd., Китай ZnO 20±5 нм Homngchen Material Sci. & Tech., Китай	[Zn, ZnO] = 20...2000 мг/л Прорастание: в чашках Петри Тест-объекты: рапс <i>Brassica napus</i> , Салат <i>Lactuca sativa</i> Огурец <i>Cucumis sativus</i> Редька <i>Raphanus sativus</i> Рожь <i>Secale cereal</i> Кукуруза <i>Zea mays</i>	При 2000 мг/л: снижение всхожести ржи и кукурузы, частично подавление роста корня. При 50 мг/л (редька) и 20 мг/л (рапс и рожь) 2-кратное уменьшение длины корней, чем у контроля	[65]
Ag 20, 30-60, 70-120, 150 нм сферические метод химического осаждения	[Ag]=0,1...1000 мг/л Тепличные условия (песок + питательный раствор), Гидропоника Тест-объект: рис <i>Oryza sativa</i>	При увеличении концентрации НЧ – уменьшение массы и длины корней и побегов.	[62]
Fe 25 нм	[НЧ] = 4,81...33, 56 мг/л Прорастание в чашках Петри	Эффекты биостимуляции (увеличение длины проростков и биомассы продукции) обнаружены	[70]

Наночастицы	Условия эксперимента	Основной результат	Ссылка
American Elements, США	Тест-объекты: Кресс-салат <i>Lepidium sativum</i> , Горчица белая <i>Sinapis alba</i> , Сорго двуцветное <i>Sorghum saccharatum</i>	при самых высоких концентрациях. Агрегаты НЧ Fe обнаружены внутри тканей горчицы белой и сорго двуцветного.	
NiO ≤50 нм Sigma Chemical Company, США	[NiO] = 25...2000 мг/л Прорастание в чашках Петри Тест-объект: томат <i>Solanum lycopersicum</i>	При ≥1000 мг/л –подавление роста корней. Обнаружены НЧ в тканях корней. Подавление роста корней связано с выбросами Ni ²⁺ , что ведёт к оксидативному стрессу и некрозу клеток.	[71]

1.2.3. Влияние формы наночастиц на корнеобразование

Литературный обзор показал, что влияние НЧ на корнеобразование также зависит от формы (табл. 1.3). Чем сложнее форма, тем больше вероятность, что НЧ повлияют на поглощение корнями питательных веществ. Так, на примере наночастиц CeO₂ показано, что НЧ в форме стержней способны к формированию в крупные кластеры, препятствующие адсорбции/абсорбции в корнях, и более химически активны, что приводит к увеличению количества ионов церия Ce³⁺ и Ce⁴⁺, а также к появлению в тканях растения ацетата и фосфата церия [72].

Таблица 1.3. Влияние формы наночастиц на их фитотоксичность

Наночастицы	Условия эксперимента	Основной результат	Ссылка
Ag сферические 8 нм треугольные 47 нм декаэдры 45 нм	[Ag] = 1...100 мг/л Среда: Мурасиге-Скуга (1% сахарозы и 3 г/л фитогеля) Прорастание: 3 дня, 23°C, свет: 16 ч/сутки Тест-объект: Резуховидка <i>Arabidopsis</i>	Увеличение роста корней проростков для треугольных и декаэдрических НЧ. Зависящее от концентрации НЧ подавление корней проростков для сферических НЧ Декаэдры показали наибольшее увеличение длины корня. Сферические НЧ показали самый высокий уровень оксидативного стресса и самый низкий уровень роста семян.	[73]
CeO ₂	[CeO ₂] = 100...2000 мг/л	НЧ в форме стержней привели к значительному увеличению	[72]

Наночастицы	Условия эксперимента	Основной результат	Ссылка
Октаэдральные 25,2 ±2,3 нм Кубические 30,9±12,4 нм Стержни 8,9±0,9 нм (диаметр) 106±9 нм (длина) Неправильной формы 26±18 нм	Проращение: в химических стаканах с 25% раствором Хогланда в искусственном климате в течение 10 дней. Извлечение проростков после 14 дней проращивания. Тест-объект: огурец <i>Cucumis sativus</i>	содержания Се в побегах Se^{3+} и Se^{4+} в корнях в отличие от НЧ других форм (в случае с НЧ октаэдральной, неправильной и кубической форм 80% Се в тканях растения было найдено в форме SeO_2 . Стержни образуют крупные кластеры, препятствующие проникновению в корни.	

1.2.4. Сравнение влияния наночастиц и ионов на корнеобразование

Изучение статей разных авторов также позволило показать, что токсичность наночастиц сильно связана с формой металла, поступающего в среду проращивания. Так, были поставлены эксперименты по сравнению влияния наночастиц и ионов для Zn, Al, Y и Ag (табл. 1.4).

Таблица 1.4. Влияние нано- и ионной формы наночастиц на их фитотоксичность

Наночастицы	Условия эксперимента	Основной результат	Ссылка
Zn^{2+} ($ZnSO_4$) НЧ ZnO 32 нм (метод «зелёного» синтеза в водном экстракте эклипты распротёртой)	$[Zn]=0...500$ мг/л Лабораторные и тепличные условия Тест-объект: Африканское просо <i>Pennisetum glaucum</i>	НЧ ZnO 100...150 мг/л усилили проращивание и увеличили всхожесть. Процент проросших семян (95%) и количество взошедших семян (2322) у образца с НЧ ZnO 200 мг/л оказались самыми высокими. Ионы Zn^{2+} не оказали значительного влияния на вышеуказанные параметры.	[74]
Y^{3+} ($Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$) Y_2O_3 20-30 нм Nanjing Hongde Nano Material Co Ltd., Китай	$[Y_2O_3] = 0...50$ мг/л $[Y^{3+}] = 0...6,179$ мг/л 1) Проращивание: чашки Петри, инкубатор с искусственным климатом, 7 дней, 25°C, влажность 80%, отсутствие освещения	Y_2O_3 : при 1...5 мг/л увеличилась скорость проращивания и длина корня, при > 5 мг/л – снижение скорости проращивания, длины корня и биомассы корней и побегов. Y^{3+} : значительного влияния не было обнаружено.	[75]

Наночастицы	Условия эксперимента	Основной результат	Ссылка
	2) лоток для рассады, инкубатор с искусственным климатом, 25°C, влажность 80 %, фотосинтетические лампы (14 ч/сутки, 18000 лк), после появления двух листов – 50% раствор Хогланда с НЧ, 7 дней Тест-объект: Рис <i>Oryza sativa L.</i>		
Ag ⁺ (AgNO ₃) Ag 10 нм Shangai Huzheng Nanotechnology Co., Ltd., Китай	[Ag] = 0... 3 мг/л Тепличные условия Среда: Мурасиге-Скуга (1% сахарозы и 3 г/л фитогеля) Прорастание: комната для культивирования, 25°C, фотосинтетические лампы (12 ч/сутки), в течение 1 и 2 недель. Тест-объект: резуховидка Таля <i>Arabidopsis thaliana</i>	Ag: не повлияли на всхожесть семян, но показали заметное подавление роста корня. НЧ также могут накапливаться в листьях, уменьшая содержание хлорофилла и существенно влияя на механизм гомеостаза растения. Ag ⁺ : Проростки поглотили малое количество ионов, поэтому токсическое влияние было не так заметно. При этом малых концентрациях (0,2-0,5 мг/л) было замечено стимулирующее влияние на рост корней.	[76]
Al ³⁺ (AlCl ₃) Al ₂ O ₃ диаметр – 22-32 нм; длина – 120-140 нм (лазерная абляция)	[Al ₂ O ₃] = 101,8 мкмоль...2,17 мкмоль [Al ³⁺] = 698,8 мкмоль Прорастание в растворе Хогланда Тест-объект: капуста <i>Brassica oleracea var. capitata</i>	Al ₂ O ₃ : при малых концентрациях заметно увеличение длины корня и побега на 15,7 и 113,6% соответственно. При больших Al ³⁺ : Подавление роста корней, уменьшение содержания пигментов хлорофилла в проростках, существенное уменьшение содержания белка. активность нитраредуктазы снизилась на 51%.	[77]

1.3. Постановка задач исследования

Проведенный литературный обзор показал, что нанопорошки оксидов металлов, включая ZnO, вызывают повышенный интерес в связи с их необычными свойствами, в результате чего объемы их производства

продолжают расти. А вместе с ними – и возможность их выброса в естественную среду. При этом благодаря их малому размеру частицы нанопорошков активно взаимодействуют с растениями, в том числе и в виде суспензий. При этом биологическая активность наночастиц сильно зависит от размера, формы и концентрации наночастиц, состава (модифицирования) их поверхности. Показано, что корнеобразование растений может как стимулироваться, так и подавляться с уменьшением размера частиц. Также интересными являются данные о разном концентрационном влиянии наночастиц по сравнению с ионной формой металла. Не смотря на актуальность, в литературе до сих пор недостаточно данных для оценки и прогнозирования влияния наночастиц ZnO на морфометрические характеристики высших растений.

Целью выпускной квалификационной работы является определение влияния размера, состава, формы и концентрации наночастиц на морфометрические свойства проростков пшеницы.

Для достижения поставленной цели в работе были поставлены следующие задачи:

- провести дисперсионный анализ нанопорошков Zn и ZnO с помощью методов просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии;
- изучить дисперсионные свойства водных суспензий наночастиц с помощью метода лазерной дифракции;
- экспериментально показать влияние размера, состава, формы и концентрации наночастиц Zn и ZnO на морфометрические параметры проростков пшеницы, включая степень стимулирования/подавления корня проростка, всхожесть, корневой индекс, скорость роста биомассы и длину побегов.
- провести сравнение биологических свойств наночастиц ZnO, Zn и ионов Zn^{2+} при прочих равных условиях.

ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Объекты исследования

В качестве объектов исследования были выбраны нанопорошки ZnO и Zn с разными размерами, полученные разными производителями (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Состав и свойства нанопорошков согласно данным производителей

Образец, обозначение в работе	Состав	Средний размер частиц, нм	Цвет	Метод синтеза	Производитель
ZnO-14	ZnO	14	белый	Метод осаждения	Plasmachem, Германия
ZnO-25	ZnO	25	белый	Метод осаждения	Plasmachem, Германия
ZnO-40	ZnO	20...40	белый	Плазмохимический синтез	Nanostructured & Amorphous Materials, Inc., США
ZnO-100	ZnO	100.	серый	Плазмохимический синтез	ООО Платина, РФ
ZnO-300	ZnO	200...250	белый	Плазмохимический синтез	ОАО Эмпилс, РФ
Zn	Zn – 95 мас.% ZnO-5мас.%	90	темно-серый	Электрический взрыв проводников	ООО «Передовые порошковые технологии», РФ

Для экспериментов использовали зерна пшеницы сорта Ирень (*Triticum aestivum L.*) урожая 2017 г, предоставленные доцентом Томского государственного университета Куровским А.П. Масса 1000 зерен 32...40 грамм. Такой сорт пшеницы использовался в ряде исследований [78, 79].

2.2. Определение дисперсности наночастиц

2.2.1. Определение размеров сухих наночастиц

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) использовалась для получения изображения поверхности объекта с высоким пространственным разрешением. В основе СЭМ лежит принцип взаимодействия электронного пучка с исследуемым объектом [80], в результате возникающее излучение

регистрируется и преобразовывается в электрические сигналы. Метод позволяет определять морфологию поверхности с разрешением до 10 нм.

В работе микроструктурных характеристик поверхности нанопорошков определяли с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7500FA (Jeol) с максимальным разрешением 1 нм. Перед съемкой на порошок, нанесенный тонким слоем на проводящий скотч, напыляли пленку углерода; съемку проводили при ускоряющем напряжении 0,1...20 кВ.

Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) – метод микроскопии, при котором пучок электронов пропускается через образец для формирования изображения. Образец в основном представляет собой ультратонкий срез толщиной менее 100 нм или суспензию на сетке. [81]. ПЭМ применяется в различных областях науки, образования и производства благодаря высокой увеличивающей способности, возможностью получения информации о составе образца и свойствах поверхности и получаемым изображениям высокой чёткости. К недостаткам можно отнести дороговизну оборудования и сложность подготовки образца. Также просвечивающие электронные микроскопы чувствительны к вибрациям и воздействию электромагнитного поля.

Изображения обрабатывались в программе ImageJ. Для исследования брали не менее 100 частиц. Результатом обработки являлось распределение частиц по размерам.

2.2.2. Определение размера в суспензии

Для изучения дисперсионных свойств наночастиц в суспензиях использовали метод лазерной дифракции. В основе метода лежит зависимость угла рассеяния света от размера агломератов. Измерение проводили на анализаторе частиц SALD-7101 (Shimadzu, Япония) для суспензий с содержанием нанопорошка 0,01...0,04 мас.%. При измерениях сухую навеску порошка добавляли в смеситель прибора, заполненного дистиллированной водой ($\text{pH}=6,5\pm 0,6$, проводимость 0,2 мкС, Аквадистиллятор ДЭ-4 ТЗМОИ,

Тюмень Медико, Россия). Измерение проводили не менее трех раз в течение 15 минут при 25 °С при включенной лопастной мешалке и УЗ воздействии (40 Вт, строенный источник в приборе). Результаты эксперимента представляли собой кривые объемного распределения частиц по размерам в диапазоне 0,01...300 мкм, по которым рассчитывали средний размер (d_{cp}) частиц по формуле:

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

где d – размер частиц в дисперсии, q – дифференциальный процент частиц с размером d в дисперсии.

2.3. Приготовление растворов и суспензий наночастиц

2.3.1. Приготовление контроля – буферного раствора Хьюитта

В качестве питательного раствора использовали буферный раствор Хьюитта, содержащий необходимые микроэлементы для прорастания семян (табл. 2.2), широко применяющийся при гидропонном выращивании растений [82]. Раствор Хьюитта готовили растворением необходимых веществ в дистиллированной воде ($pH=6,5\pm 0,6$, проводимость 0,2 мкС, аквадистиллятор ДЭ-4 ТЗМОИ, Тюмень Медико, Россия) при $25\pm 2^\circ C$. Взвешивание проводили на электронных лабораторных весах ALC-110d4 (Acculab, Россия, точность $\pm 0,0001$). Растворы хранили не более одного месяца при $25\pm 2^\circ C$.

Таблица 2.2. Элементный и солевой состав раствора Хьюитта

Элемент	Концентрация, мг/л	Вещество	Концентрация, мг/л
N	168	NH ₄ NO ₃	80
P	41	KH ₂ PO ₄	91
Ca	160	Ca(NO ₃) ₂ ×4H ₂ O	944
K	56	KNO ₃	202
Mg	36	MgSO ₄ ×7H ₂ O	369
Zn	0,07	ZnSO ₄ ×7H ₂ O	290
B	0,54	H ₃ BO ₃	3100
Fe	2,8	FeSO ₄ ×7H ₂ O	13900
Cu	0,06	CuSO ₄ ×5H ₂ O	250
Mo	0,04	(NH ₄) ₂ ×MoO ₄	200

2.3.2. Приготовление суспензий наночастиц

В работе готовили суспензии наночастиц с концентрацией по цинку (Zn) 1...10000 мг/л на растворе Хьюитта/дистиллированной воде при $25\pm 2^\circ\text{C}$. Для приготовления суспензий с концентрациями >100 мг/л использовали электронные аналитические весы ALC-110d4 (Acculab, США, точность $\pm 0,001$). Суспензии с концентрациями <100 мг/л получали разбавлением суспензий с концентрацией 100 мг/л.

Далее суспензии в пластиковых закрытых емкостях перемешивали вручную в течение 15 с взбалтыванием и затем обрабатывали в ультразвуковой ванне ГРАД 28-35 (Grade Technology, Россия) при мощности ультразвука 100 Вт в течение 30 мин. Суспензии не хранили, использовали для эксперимента в течение 10 мин.

2.3.3. Приготовление растворов Zn^{2+}

Для приготовления среды, содержащей 1...10000 мг/л ионов цинка (Zn^{2+}) использовали сернокислый цинк ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, х.ч., ГОСТ 4174-77). Растворы готовили на основе раствора Хьюитта в стеклянных круглодонных колбах при $25\pm 2^\circ\text{C}$. Растворы с концентрациями <100 мг/л получались разбавлением раствора с концентрацией 100 мг/л. Растворы также, как и суспензии, обрабатывались в ультразвуковой ванне в течение 30 мин.

2.4. Исследование биологических свойств наночастиц

2.4.1. Определение морфометрических параметров проростков

Биологические свойства НЧ и растворов оценивали по корнеобразованию на стадии прорастания семян пшеницы яровой.

В работе 10 штук семян выкладывали на фильтрованную бумагу в стерильные чашки Петри на равноудаленном расстоянии (рис.2.1а). На выложенные семена равномерно аккуратно выливали 7 мл приготовленных суспензий или растворов, закрытую чашку Петри закрывали в прозрачный

пакет и выдерживали в термостате ТС-1/80 (Смоленское СКТБ СПУ, Россия) при $25\pm 2^\circ\text{C}$ в течение 48 ч.



а



б

Рисунок 2.1. Проросшие семена: в чаше Петри (а) и выложенные для морфометрического анализа (б).

После выдерживания чашки доставали из термостата и стерильным пинцетом аккуратно доставали проросшие и не проросшие зерна и выкладывали их на чёрную ткань (рис.2.1б) для фотографирования. На основании полученных изображений рассчитывали всхожесть (В, %) по формуле:

$$B = \frac{\text{число проросших семян}}{\text{число засеянных семян}} * 100\%. \quad (2.2)$$

Для измерения длины корня (L) использовали программу CorelDraw, после чего рассчитывался степень стимулирования(+%) / подавления(-%) корня (R) по формуле:

$$R = \frac{A-K}{K} * 100\%, \quad (2.3)$$

где A – средняя длина корня проростка, выращенного в среде с добавлением цинка, K – средняя длина корня проростка, выращенного в растворе Хьюитта (контроль) [83].

После измерений проросшие семена возвращали в чашки Петри, при необходимости добавляли 3-5 мл дистиллированной воды. Закрытые чашки выдерживали под лампой (300 Лк) в течение 5 суток при $25\pm 2^\circ\text{C}$ (рис.2.2). После этого стерильным пинцетом вынимали семена с корнем и зеленью, отрезали от зерна корни и зелени стерильными ножницами для взвешивания

на весах ALC-110d4 (Acculab, США, точность $\pm 0,0001$). Далее корни и зелёные проростки высушивали в термостате при 40°C в течение 24 ч, после чего взвешивали массы сухого корня и зелёного проростка.

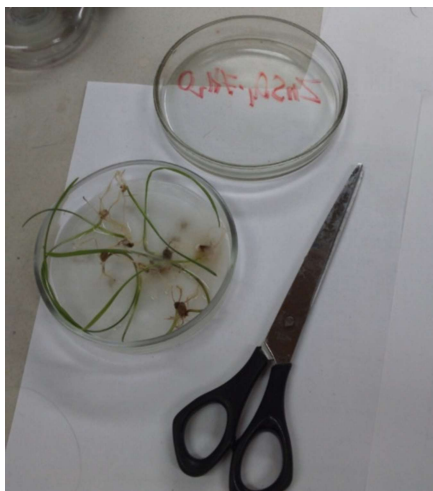


Рисунок 2.2. Фотография проросших семян.

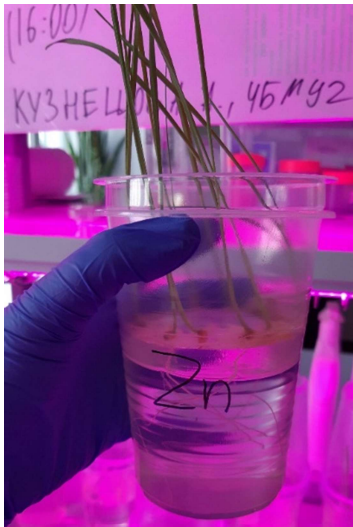
Полученные суховоздушные массы использовали для расчета корневого индекса RI по формуле:

$$RI = \frac{m_k}{m_p}. \quad (2.4).$$

где m_k и m_p – суховоздушные массы проросших корней и побегов, соответственно.

2.4.2. Пролонгированный эксперимент

Для пролонгированного эксперимента после проращивания в термостате и измерений корней проростки помещали в инкубационную камеру, состоящую из пластикового стакана ёмкостью 500 мл и помещённого в него контейнера ёмкостью 200 мл, в дне которого были проделаны отверстия (рис.2.3а). Проростки помещались так, чтобы корни находились достаточно близко к отверстиям, а больший стакан заполняли дистиллированной водой так, чтобы та покрывала дно меньшего. Инкубационные камеры выдерживались под фотосинтетическими лампами (300 лк) в течение 9 суток (рис.2.3б).



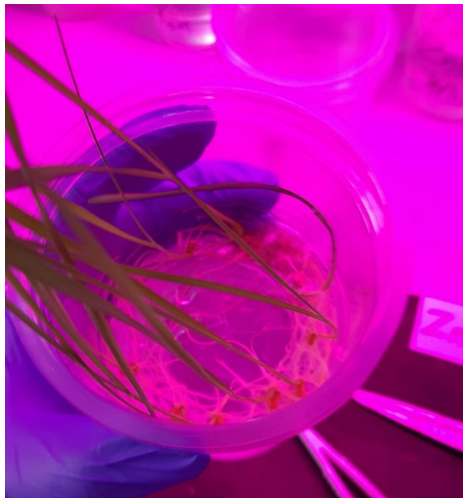
а



б

Рисунок 2.3. Проросшие семена в инкубационной камере: (а) спустя 9 дней прорастания (б).

После этого проростки (рис.2.4а) вынимались из камер и помещались на чёрную ткань/бумагу для фотографирования (рис.2.4б) и дальнейшего вычисления длины побегов в программе CorelDraw.



а



б

Рисунок 2.4. Содержимое инкубационной камеры (а) и побеги, выложенные для анализа (б).

Далее корни и побеги отделялись от семян стерильными ножницами и высушивались в термостате при 30°C в течение 24 ч для получения значения корневого индекса по формуле (2.4).

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ92	Кузнецова Анастасия Евгеньевна

Школа	ИШНПТ	Отделение школы	ОМ
Уровень образования	Магистратура	Направление	22.04.01. Материаловедение и технологии материалов

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчёт конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования.
3. Составление бюджета инженерного проекта	Расчёт бюджетной стоимости НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный показатель ресурсоэффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности НИ
2. Матрица SWOT-анализа
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук И.В.	к.т.н.		08.02.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ92	Кузнецова А.Е.		08.02.2021

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

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.

Цель НИР – определение влияния размера, состава, формы и концентрации цинк-содержащих наночастиц на морфометрические свойства проростков пшеницы. Влияние наночастиц на проростки пшеницы оценивалось по нескольким параметрам: всхожесть, степень стимуляции/подавления, корневой индекс, длина побега и скорость прироста биомассы. Основные работы выполнялись с привлечением термостата «ТС-1/80», ультразвуковой ванны «ODA LQ40» с цифровым управлением, сушильного шкафа «SNOL 20/300 LFNEc HC» и светодиодных ламп.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования была рассмотрена разработка технологии определения влияния наночастиц на корнеобразование пшеницы.

Детальный анализ необходим, т.к. данная технология имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 4.1 показано сравнение разработок конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

В ходе исследования были рассмотрены две аналогичные работы об исследовании влияния наночастиц оксида цинка на высшие растения:

1) Исследование влияния концентрации наночастиц оксида цинка, полученного методом «зелёного» синтеза (с использованием водного экстракта эклипты распротёртой), и сульфата цинка на африканское просо (Представлен анализ результатов эксперимента, проведённого и в лабораторных, и в тепличных условиях) [74].

2) Исследование влияния концентрации наночастиц оксида цинка на прорастание пшеницы (представлен анализ результатов эксперимента, проведённого в лабораторных условиях: пшеница прорастала в чашках Петри с суспензиями наночастиц) [66].

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. Актуальность исследования	0,2	4	5	4	0,8	1	0,8
2. Безопасность	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
3. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,11	3	5	3	0,33	0,55	0,33
4. Простота проведения	0,17	4	3	4	0,68	0,51	0,68
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Уровень проникновения на рынок	0,15	3	3	3	0,45	0,45	0,45
2. Цена сырья	0,12	5	3	4	0,6	0,36	0,48
3. Финансирование научной разработки	0,1	3	5	3	0,3	0,5	0,3
Итого	1	25	28	25	3,76	3,97	3,64

Расчет конкурентоспособности, на примере актуальности исследования, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является достаточно актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность, но не является наиболее подходящим и оптимальным.

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ – инструмент стратегического планирования. Сущность анализа заключается в разделении факторов внутренней и внешней среды организации по четырём категориям: сильные стороны, слабые стороны, возможности и угрозы [86].

Факторы внутренней среды объекта анализа, сильные стороны и слабые стороны – это параметры, на которые объект способен повлиять сам. Факторы

внешней среды, возможности и угрозы – параметры, которые могут повлиять на объект извне и при этом не контролируются объектом [87].

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Имеется научный задел для выполнения проекта.	Сл1. Недостаток инвестиций.
С2. Университет имеет развитую научную, энергетическую социальную и транспортную инфраструктуру.	Сл2. Ограниченное время работы над проектом – 2 года обучения в магистратуре.
С3. Обширная база материалов	Сл3. В команде проекта 2 человека: студент и научный руководитель
С4. Руководители и научные консультанты имеют высокий уровень квалификации.	Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.
Возможности	Угрозы
В1. Индустрия наноматериалов и нанотехнологий становится популярной и востребованной отраслью промышленности с открытыми к освоению сегментами рынка	У1. Новые конкуренты с более развитыми или доступными технологиями.
В2. Бурно развиваются отрасли применения нанотехнологий.	У2. Отказ от использования наноматериалов из-за их токсичности.
В3. Есть возможность получить поддержку научно-исследовательской работы от государства и частных фондов.	У3. Изменение в законодательстве, ограничивающее применение наноматериалов.
В4. Есть возможность работать с зарубежными партнёрами и исследовательскими центрами.	У4. Невозможность закупки расходных материалов.
В5. Есть возможность привлекать студентов для работы над проектом в рамках НИРС.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3–4.6.

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

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	B1	0	-	0	-
	B2	0	-	0	-
	B3	+	+	-	-
	B4	+	+	-	-
	B5	0	+	-	-

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

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	0	-	+	+
	B2	0	-	-	-
	B3	+	-	-	-
	B4	+	-	-	-
	B5	-	0	+	-

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

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	+	+	0	-
	У2	0	0	-	-
	У3	-	0	-	-
	У4	-	0	-	-

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

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	-	-	0
	У2	-	-	-	0
	У3	0	-	-	0
	У4	+	-	-	0

Результаты анализа представлены в итоговой таблице 4.7.

Таблица 4.7. – Анализ интерактивной SWOT-матрицы проекта

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Имеется научный задел для выполнения проекта. С2. Университет имеет развитую научную, энергетическую социальную и транспортную инфраструктуру. С3. Обширная база материалов С4. Руководители и научные консультанты имеют высокий уровень квалификации.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Недостаток инвестиций. Сл2. Ограниченное время работы над проектом – 2 года обучения в магистратуре. Сл3. В команде проекта 2 человека: студент и научный руководитель. Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.</p>
<p>Возможности В1. Индустрия наноматериалов и нанотехнологий становится популярной и востребованной отраслью промышленности с открытыми к освоению сегментами рынка В2. Бурно развиваются отрасли применения нанотехнологий. В3. Есть возможность получить поддержку научно-исследовательской работы от государства и частных фондов. В4. Есть возможность работать с зарубежными партнёрами и исследовательским и центрами. В5. Есть возможность привлекать студентов для работы над</p>	<p>Направления развития В3В4С1С2. Исследование отличается простотой и доступностью предложенных методов, ресурсоэффективностью и низкой себестоимостью. Это способно привлечь инвестиционные средства, а также привлечь финансирование на проведение дальнейших исследований по заявленной тематике. Учитывая то, что материаловедение и нанотехнологии являются приоритетными направлениями развития экономики РФ, можно получить государственную поддержку проекта на стадии НИР.</p>	<p>Сдерживающие факторы В1Сл3Сл4. Использование новейшего оборудования для удовлетворения требований исследований, также может уменьшить экспериментальную ошибку. В3В4Сл1. Чтобы закрыть недостаток инвестиций, необходимо постоянно проводить поиск потенциальных инвесторов и инвестиций (государственная поддержка, поддержка частных фондов, совместная работа с частными компаниями и лабораториями).</p>

проектом в рамках НИРС.		
Угрозы У1. Новые конкуренты с более развитыми или доступными технологиями. У2. Отказ от использования наноматериалов из-за их токсичности. У3. Изменение в законодательстве, ограничивающее применение наноматериалов. У4. Невозможность закупки расходных материалов.	Угрозы развития У1С1С2. Хорошая научная база исследования и большой опыт участников проекта, а также возможность консультации с профессионалами в данной отрасли обеспечивают «имя» проекту, надёжность и являются гарантом его выполнения.	Уязвимости: У1У4Сл1. Нестабильное финансирование или даже его отсутствие. Это приводит к недостаточной оснащённости лабораторий, закупке более дешёвых материалов, невозможности оплаты некоторых видов исследований (токсикологические, биологические и пр.). Проблему можно решить созданием коллабораций с лабораториями научно-исследовательских институтов, делегированием некоторых видов работ студентам и сотрудничеством с лабораториями университетов. Это позволит более тщательно исследовать заявленную тему, а также позволит расширить возможности проекта.

SWOT-анализ позволил выделить наиболее актуальные проблемы, которые следует решить в ходе его выполнения. А именно: подготовить и развить достаточную материальную базу, найти инвестиции на исследование, собрать команду проекта, привлечь партнёров с хорошей опытно-экспериментальной базой.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

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

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

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы (табл. 4.8).

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения магистерской диссертации	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер, научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Оформление пояснительной записки	Инженер

4.2.2. Определение трудоёмкости выполнения работы и построение графика проведения работ

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

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

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (4.2)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни; t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни; t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни; $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.4):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 89 - 29} = 1,48 \quad (4.5)$$

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

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.9.

Таблица 4.9. – 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	2	-	5	-	3,4	-	3,4	5
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	3	4	1,8	3,4	3,4	5
3. Обзор научной литературы	-	6	-	15	-	9,4	9,4	14
4. Выбор методов исследования	-	3	-	4	-	3,4	3,4	5
5. Планирование эксперимента	2	6	5	9	3,2	7,2	7,2	11
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	3	-	6	-	4,2	4,2	6
7. Проведение эксперимента	-	20	-	30	-	24	24	35
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	14
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,8	6
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	14
Итого:	7	62	17	98	11,2	76,2	79,6	115

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта.

Таблица 4.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T _{кi} , 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	5	■													
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4		■												
3	Обзор научной литературы	Исп2	14			■											
4	Выбор методов исследования	Исп2	5				■										
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	8				■										
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	6					■									
7	Проведение эксперимента	Исп2	35						■	■	■						
8	Обработка полученных данных	Исп2	14									■	■				
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	4														■
10	Составление пояснительной записки	Исп2	14														■

Примечание: ■ – Исп. 1 (научный руководитель), ■ – Исп. 2 (магистрант)

4.3 Бюджет научно-технического исследования

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

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

4.3.1 Расчёт материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при исследовании влияния наночастиц оксида цинка, цинка и семиводного сульфата цинка на проростки пшеницы. Результаты расчета затрат представлены в таблице 4.11. Наночастицы, прочие реактивы и семена в данной таблице отсутствуют, так как они были приобретены задолго до начала эксперимента.

Таблица 4.11 – Затраты на исследование

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Перчатки резиновые, технические	пар	6	12	72
Стакан одноразовый пластиковый, 500 мл	шт	50	2,5	125
Контейнер ПП Л-95-200мл прозрачный	шт	50	2,52	126
Крышка ПЭТ плоская д. 95	шт	50	1,40	70
Фильтры обеззоленные белая лента (диаметр – 9 см)	упак	1	41	41
Канцелярские принадлежности	комплект	1	500	500
Итого:				934

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

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

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.6)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot t, \quad (4.7)$$

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

Таблица 4.12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование Оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного	Время использования, мес.	$H_A, \%$	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Аквадистиллятор ДЭ-4 ТЗМОИ	1	5	0,1	20	31000	52
2	Аналитические весы «ALC-110d4»	1	5	0,3	20	57900	290
2	Термостат «ТС-1/80»	1	10	0,25	10	25000	52
3	Ванна ультразвуковая «ODA LQ40» с цифровым управлением	1	10	0,2	10	20000	33
4	Сушильный шкаф «SNOL 20/300 LFNEс HC»	1	10	0,1	10	110000	92
5	Лампа светодиодная T8-9 Вт-230 В-G13 «Фито» 600 мм TDM	8	2	0,7	50	2240	65
6	ПЭВМ	1	3	6	33	29000	4785
Итого:						5369 руб.	

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

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

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p, \quad (4.8)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (табл. 4.10).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{48750 \cdot 10,3}{246} = 2041,2 \text{ руб.}, \quad (4.9)$$

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

- при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{15600 \cdot 11,2}{213} = 820,3 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) k_p = 25000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 48750 \text{ руб.} \quad (4.11)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) k_p = 8000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 15600 \text{ руб.}, \quad (4.12)$$

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

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	$k_{пр}$	k_o	k_p	$Z_m, руб$	$Z_{он}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	25000	0,3	0,2	1,3	48750	2041,2	11,2	22861,4
Магистрант	8000	0,3	0,2	1,3	15600	820,3	76,2	62506,9
Итого:								84868,3

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 22861,4 = 3429,2 \text{ руб.} \quad (4.13)$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 62506,9 = 9376 \text{ руб.}, \quad (4.14)$$

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

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (22861,4 + 3429,4) = 7887,12 \text{ руб.} \quad (4.15)$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (62506,9 + 9376) = 21624,9 \text{ руб.}, \quad (4.16)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2021 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.3.6 Накладные расходы

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

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 - 5) \cdot k_{\text{нр}} = (934 + 5369 + 84868,3 + 3429,2 + 9376 + 7887,1 + 21624,9) \cdot 0,16 = 21358,2 \text{ руб} \quad (4.17)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

4.3.7 Бюджетная стоимость НИР

Таблица 4.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Сырье, материалы	Амортизация	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета
934	5369	84868,3	12805,2	29512	133488,5	21358,2	154846,7

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Влияние морфологии наночастиц ZnO на корнеобразование пшеницы» по форме, приведенной в таблице 4.15.

Таблица 4.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1	Материальные затраты НИР	934	Пункт 4.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	5369	Пункт 4.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	84868,3	Пункт 4.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12805,2	Пункт 4.3.4
5	Отчисления во внебюджетные фонды	29512	Пункт 4.3.5
6	Накладные расходы	21358,2	Пункт 4.3.6

Бюджет затрат НИР	154846,7	Сумма ст. 4.3.1- 4.3.6
-------------------	----------	---------------------------

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

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

Аналоги данной НИР:

1) Исследование влияния концентрации наночастиц оксида цинка, полученного методом «зелёного» синтеза (с использованием водного экстракта эклипты распротёртой), и сульфата цинка на африканское просо (Представлен анализ результатов эксперимента, проведённого и в лабораторных, и в тепличных условиях) [74].

2) Исследование влияния концентрации наночастиц оксида цинка на прорастание пшеницы (Представлен анализ результатов эксперимента, проведённого в лабораторных условиях: пшеница проросла в чашках Петри с суспензиями наночастиц) [66].

Сметы и бюджет этих работ не были найдены в открытом доступе

Интегральный показатель ресурсоэффективности

На основе расчёта интегрального показателя эффективности проведем оценку ресурсной эффективности проекта. Для определения необходимо рассчитать показатель ресурсной и финансовой эффективности.

Ресурсная эффективность (РЭ):

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (4.18)$$

где I_{pi} – интегральный показатель РЭ; a_i – весовой коэффициент; b_i – экспертная оценка разработки в баллах по i -тому показателю.

Оценка ресурсоэффективности проекта «Влияние морфологии наночастиц ZnO на корнеобразование пшеницы» проведена по следующим критериям:

Стоимость: методики исследования требуют минимальных вложений по оборудованию и расходным материалам.

Практическая значимость: полученные в ходе работы данные могут успешно применяться при прогнозировании влияния наночастиц на растительные тест-объекты и разработки лабораторных работ по исследованию биологических свойств наночастиц.

Научная ценность: в ходе проведённой работы изучено влияние водных (и на основе среды Хьюитта) суспензий наночастиц на биометрические параметры проростков пшеницы, таких как всхожесть, степень стимулирования, скорость роста биомассы и корневой индекс.

Выполнимость: предложенные методики требуют специальное оборудование (термостат, фотосинтетические лампы, сушильный шкаф, аквадистиллятор), которое доступно в большинстве лабораторий.

Таблица 4.17 – Результаты оценки

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки		
		Текущий проект (Исп. 1)	Исп. 2	Исп. 3
1. Стоимость	0,3	5	4	4
2. Практическая значимость	0,25	4	5	4
3. Научная ценность	0,2	4	5	4
4. Выполнимость	0,25	5	4	5
Итого:	1,00	4,55	4,45	4,25

Примечание: Исп.1. – Исполнитель 1, Исп.2 – Исполнитель 2, Исп.3 – Исполнитель 3

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{p1} = 5 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 = 4,55 \text{ баллов.}$$

$$I_{p2} = 4 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 = 4,45 \text{ баллов}$$

$$I_{p3} = 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 = 4,25 \text{ баллов}$$

Полученный показатель имеет высокое значение по 5-балльной шкале, следовательно, проект жизнеспособен и имеет высокую значимость.

4.5. Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Проведён анализ конкурентных технических решений, который показал, что реализация НИР достаточно актуальна и конкурентоспособна, но не без недостатков.

2. Проведен SWOT-анализ проекта, в ходе которого были выявлены и сильные и слабые стороны проекта, проведена оценка надежности проекта и проанализированы возможности проекта.

3. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график занятости исполнителей проекта в формате ленточной диаграммы Ганта, который позволяет рационально спланировать рабочее время исполнителей и оценить их производительность.

4. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 154846,7 руб;

5. Значение интегрального показателя ресурсоэффективности НИР составляет 4,55, по сравнению с 4,45 и 4,25, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ92	Кузнецова Анастасия Евгеньевна

Школа	ИШНПТ	Отделение	ОМ
Уровень образования	Магистратура	Направление	22.04.01. Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Влияние морфологии наночастиц ZnO на корнеобразование пшеницы	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: суспензии на основе нанопорошков оксида цинка, цинка и дистиллированной воды/среде Хьюитта, растворы на основе семиводного сульфата цинка и дистиллированной воды/среде Хьюитта Рабочая зона – в химической лаборатории размещаются столы для работы с химическими реактивами, химический шкаф, вытяжной шкаф, УЗ-ванна, термостат, аналитические весы. Область исследования: экология и сельское хозяйство
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	<ul style="list-style-type: none"> – Постановление Минтруда России, Минобразования России от 13.01.2003 N 1/29 (ред. от 30.11.2016) "Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций" – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ – ГОСТ Р 56748.1-2015 Нанотехнологии. Наноматериалы. Менеджмент риска. Часть 1. Общие положения – ГОСТ 12601-76 Порошок цинковый. Технические условия – ГОСТ 4174-77 Цинк серноокислый 7-водный. Технические условия – ГОСТ 4142-77 Кальций азотнокислый 4-водный. Технические условия – ГОСТ 4198-75 Реактивы. Калий фосфорнокислый однозамещённый. Технические условия (с изменениями N 1,2,3) – ГОСТ 4217-77 Реактивы. Калий азотнокислый. Технические условия (с изменениями N 1, 2) – СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений – СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 – ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ Шум. Общие требования безопасности – ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов – СанПин 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности факторов среды обитания – МР 1.2.0024-11. Контроль наноматериалов, применяемых в химической промышленности

	<ul style="list-style-type: none"> – МР 1.2.0037-11. Контроль наноматериалов в воздухе – ГОСТ 17.1.3.06–82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод – ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений – Постановление Правительства РФ от 3 сентября 2010 г. № 681. – ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях.
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Вредные факторы: недостаточная освещённость, высокий уровень шума и вибрации, неблагоприятное состояние микроклимата, воздействие вредных химических веществ. Также порошки металлических наноматериалов способны оказывать острое токсическое действие за счёт повышенной реакционной способности и малому размеру, упрощающие проникновение наночастиц внутрь организма человека и их взаимодействие с органами, тканями, клетками и органеллами. Опасные факторы: электробезопасность - На работу в химико-аналитические лаборатории принимаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование для решения вопроса о возможности работы в лаборатории. - Прохождение инструктажа обязательно для всех принимаемых на работу. - При работе в химической лаборатории необходимо надевать халат из хлопчатобумажной ткани, резиновые перчатки – для защиты рук, респираторы, медицинские маски или противогазы – для защиты органов дыхания. - Работа с химическими веществами должна максимально проводиться под вытяжным шкафом с включённое приточно-вытяжной вентиляцией (согласно методическим рекомендациям ПНД Ф 12.13.1-03)
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - необходимость применения санитарно-защитной зоны вследствие выбросов вредных веществ, отходов, облучения; - выбросы вредных веществ в атмосферу: наночастицы оксида цинка наночастицы цинка; - утилизация химических веществ;
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – При работе в лаборатории наиболее вероятными ЧС являются пожары. Для минимизации риска возникновения пожара следует соблюдать правила техники безопасности при работе с электрооборудованием. Для предотвращения возгорания предусмотрены следующие средства (согласно требованиям противопожарной безопасности, СНиП 21 01 97): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, контейнер с песком (в коридоре). Также помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	22.02.21
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Скачкова Л.А.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ92	Кузнецова А. Е.		

ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Научно-исследовательская работа проходила на базе лаборатории Научно-образовательного инновационного центра «Наноматериалы и нанотехнологии», Инженерная школа новых производственных технологий Томского политехнического университета (ИШНПТ ТПУ), г. Томск.

Данная магистерская диссертация посвящена изучению влияния наночастиц оксида цинка на биометрические параметры проростков пшеницы. Один из методов работы заключался в создании суспензий наночастиц на основе раствора Хьюитта, которые добавлялись в чашки Петри с семенами пшеницы, выложенными на фильтрованную бумагу. Чашки на 48 часов помещались в термостат, затем проростки вынимались для получения снимков корней и помещались обратно в чашки, которые уже в свою очередь помещались под фотосинтетические лампы на 5 суток. По истечению этого времени корни и побеги отделялись от семян и друг друга для дальнейшего исследования. По другому методу работы проростки пшеницы, выращенные в термостате, помещались в инкубационную камеру, состоящую из двух пластиковых стаканов ёмкостями 500 и 200 мл, где большая ёмкость заполнялась водой так, чтобы та касалась дна меньшего стакана, на дне которого проделывались отверстия. Инкубационные камеры помещались под фотосинтетические лампы на 9 суток. Полученные побеги и корни фотографировались, затем отделялись от семян для дальнейшего исследования.

Аналитическая часть и обработка результатов осуществлялась с применением персональной электронной вычислительной машиной (ПЭВМ).

В настоящем разделе магистерской диссертации проведён анализ рабочей среды, оценка рисков и факторов безопасности при выполнении исследовательских работ по заданной теме.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Специальные правовые нормы трудового законодательства. Все работники и руководитель в соответствии с Постановлением Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. N 1/29 [88] обязаны проходить обучение по охране труда и проверку знания требований охраны труда для обеспечения профилактических мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Исследование подразумевает взаимодействие с химически опасными веществами, такие условия труда относятся к вредным условиям. Регулирование рабочих процессов, выплат и предоставления дополнительных льгот работникам, занятым на вредных производствах, осуществляется статьями 219, 92, 117, 147 ТК РФ [89]. В частности, в соответствии с требованиями, изложенными в ст.147 ТК РФ, в 2017 году сотрудники обладают правом на получение доплат за труд во вредных условиях.

Кроме денежных выплат, специалисты, выполняющие трудовые функции под воздействием вредных факторов, вправе требовать:

- сокращения рабочей недели до 36 часов;
- предоставления ежегодного дополнительного отпуска на срок от 7 дней.

5.1.1. Производственная безопасность

Производственные факторы подразделяются на вредные и опасные. Согласно определениям, опасным производственный фактор считается, если его воздействие на работающего может привести в определённых условиях к травме или внезапному ухудшению здоровья. Воздействие опасного производственного фактора может привести к заболеванию или снижению работоспособности [90].

Таблица 5.1 - Возможные опасные и вредные факторы при работе в лаборатории и с ПЭВМ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работы			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Химически вредные вещества в воздухе рабочей зоны	-	+	-	ГОСТ Р 56748.1-2015 «Нанотехнологии. Наноматериалы. Менеджмент риска. Часть 1. Общие положения» [91] ГОСТ 12601-76 «Порошок цинковый. Технические условия» [92] ГОСТ 4174-77 «Цинк серноокислый 7-водный. Технические условия» [93] ГОСТ 4142-77 «Кальций азотнокислый 4-водный. Технические условия (с изменениями N 1, 2, 3)» [94] ГОСТ 4198-75 «Реактивы. Калий фосфорнокислый однозамещённый. Технические условия (с изменениями N 1,2,3)» [95] ГОСТ 4217-77 «Реактивы. Калий азотнокислый. Технические условия (с изменениями N 1, 2)» [96]
2. Отклонение показателей микроклимата в закрытом помещении	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [97]
3. Недостаточная освещённость рабочего места	+	+	+	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [98]
4. Повышенный уровень шума на рабочем месте	-	+	-	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ [99]
5. Широкополосные магнитные поля, вызываемые ПЭВМ	+	-	+	ТК РФ; СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодёжи» [100]
6. Зрительное напряжение	+	+	+	СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодёжи» [100]
7. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов». [101]

5.1.2. Анализ вредных производственных факторов

Воздействие химических веществ и их нормирование. По результатам испытаний, проводимых на животных и среди работников промышленных предприятий, наночастицы, содержащиеся в воздухе, при вдыхании оказывают вредное воздействие на организм человека и животных. Эффект воздействия на органы дыхания зависит от экспозиционной дозы, физико-химических характеристик наночастиц и индивидуальной восприимчивости организма. Наночастицы вследствие большей удельной площади поверхности оказывают более выраженное негативное воздействие на органы дыхания, чем микрочастицы [102]. Наиболее актуальным документом, регламентирующим вопросы безопасности нанотехнологий является ГОСТ Р 56748.1-2015.

Наноматериал идентифицируется как опасный, если материал:

- отнесён в соответствии с Согласованной на глобальном уровне системой классификации опасности и маркировки химической продукции (СГС) к канцерогенным, мутагенным, токсичным, вредным, едким, раздражающим или токсическим для репродуктивной функции веществам;
- определён как опасный материал в паспорте безопасности с указанием информации о специфических опасностях, например, канцерогенности или мутагенности;
- включён в национальные или международные перечни опасных химических веществ. Оценку риска, связанного с воздействием наноматериалов на организм человека и окружающую среду, выполняют до постановки наноматериала на производство или начала использования наноматериала в технологическом процессе. Для этих целей составляется карта идентификации опасностей наноматериала, в которую включается информация об опасности наноматериала для здоровья человека и окружающей среды (профиль опасностей), и далее выполняют оценку риска. Учитывая физико-химические особенности наноматериалов и изменение поведения наночастиц и их агломератов

следует предпринять максимальные усилия для предотвращения попадания наночастиц в организм. Так как основным путём попадания частиц в организм человека является дыхательная система, следует использовать газопылевые фильтрующие средства индивидуальной защиты, также помещение должно быть оснащено вытяжной системой с возможностью работы под вакуумом.

Помимо этого, для безопасной работы с вредными химическими веществами является необходимым знание свойств и особенностей их токсичного действия и симптомов отравления. Неосторожность при работе с химическими реактивами может привести к острым и хроническим отравлениям, химическим и термическим ожогам.

Рассмотрим далее используемые в работе реактивы.

Оксид цинка (ZnO). Токсичность оксида цинка объясняется его каталитической активностью. Попадание мельчайших частиц пыли оксида цинка вызывает заболевание, известное как «литейная лихорадка», протекающее по типу инфекционного катара верхних дыхательных путей. Задержка аэрозоли оксида цинка в дыхательных путях колеблется в пределах 41-94%. В процессе отравления оксидом цинка появляется сладковатый вкус во рту, после работы – плохой аппетит, а иногда – сильная жажда. При отравлении оксидом цинка человек чувствует усталость, стеснение и давящую боль в груди, сонливость, сухой кашель, долговременный озноб и высокая температура тела. При этом наблюдается расширение зрачков, гиперемия конъюнктивы, глотки и лица. Последствия могут возникать в течение 2-3 дней в зависимости от организма больного, а также концентрации паров оксида цинка. Предельно допустимая концентрация для оксида цинка 0,5 мг/м³. Индивидуальной защитой служат противогаз марки БКФ, респираторы типа «Астра-2», «Лепесток-200», защитные очки, спецодежда из хлориновой ткани. После работы – тёплый душ.

Нанопорошок цинка (Zn). Цинковый порошок обладает токсичными свойствами. При попадании в организм через органы дыхания и желудочно-

кишечный тракт вызывает катары верхних дыхательных путей и желудочно-кишечные расстройства. Не образует более токсичных соединений в воздухе и сточных водах при наличии других веществ или факторов. Пожаровзрывоопасен, относится к 4-й группе пожаровзрывоопасных веществ с температурой воспламенения 600°С и нижним пределом взрываемости его с воздухом при концентрации 480 мг/м³. Цинковый порошок хранится в закрытой таре. [92].

Цинк сернокислый 7-водный ($Zn_2SO_4 \cdot 7H_2O$) обладает раздражающим действием на кожные покровы и слизистые оболочки. При работе с веществом следует применять индивидуальные средства защиты (респираторы, защитные очки, резиновые перчатки), а также соблюдать правила личной гигиены. Также помещения, где проводятся работы с веществом, должны быть оборудованы непрерывно действующей приточно-вытяжной механической вентиляцией. Сам анализ вещества проводится в вытяжном шкафу лаборатории. При проведении анализа с использованием горючих газов следует соблюдать правила противопожарной безопасности [93].

Вещества, применяемые при получении среды Хьюитта, в основном обладают раздражающим действием на кожные покровы и слизистую оболочку. Некоторые из них могут легко воспламеняться и сильно гореть при работе с горючими веществами. Лаборатории, в которых проводятся работы с подобными веществами, должны быть оборудованы непрерывно действующей приточно-вытяжной вентиляцией, а при работе с ними – применять индивидуальные средства защиты и соблюдать правила личной гигиены [94-96].

Неблагоприятное сочетание параметров микроклимата рабочего помещения. Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также интенсивностью теплового излучения. Неблагоприятное сочетание параметров микроклимата

может вызвать перенапряжение механизмов терморегуляции, перегрев и переохлаждение организма.

Параметры микроклимата в лаборатории должны быть следующими:

– Для холодного и переходного сезонов температура поддерживается на значении 18-23 °С, относительная влажность составляет от 40 до 60%, скорость движения воздуха не превышает 0,2 м/с.

– Для тёплого сезона температура составляет от 21 до 25 °С, остальные параметры остаются аналогичными. Здесь обычно предусматриваются системы водяного отопления. Вода в них прогревается до 95 °С. Также стоит принимать во внимание возможность пофасадного регулирования, а также отсоединения.

Роль нагревательных приборов здесь играют радиаторы из чугуна, имеющие гладкую поверхность. В этом случае возможна лёгкая очистка изделий. Они размещаются под окнами, исключением являются угловые помещения. Вне зависимости от типа вентиляции в помещении должно быть установлено следующее оборудование:

- Откидывающиеся фрамуги или форточки.
- Вытяжные шкафы с механическим побуждением.
- Местные пылесосы, которые устанавливаются в местах с его повышенным образованием.
- Вытяжные зонты. Располагаются над печами, если таковые имеются, над газовыми плитами и другими нагревательными приборами.

Устройства, которые осуществляют удаление загрязнённого воздуха, паров ртути, а также других металлов, должны быть оборудованы соответствующими фильтрами. Это позволит исключить загрязнение атмосферного воздуха. В основных помещениях лабораторий обязательно предусматривается кондиционирование. Помещение, в котором производились работы, имеет параметры: лаборатория Научно-образовательного инновационного центра «Наноматериалы и

нанотехнологии» ИШНПТ ТПУ: длина 4 м, ширина 3 м, высота 3 м, общая площадь 12 м², общий объём 36 м³.

Недостаточная освещённость рабочего места.

Для производственных помещений всех назначений применяются системы общего и комбинированного освещения. Выбор между равномерным и локализованным освещением проводится с учётом особенностей производственного процесса и размещения технологического оборудования. Система комбинированного освещения применяется для производственных помещений, в которых выполняются точные зрительные работы. Применение одного местного освещения на рабочих местах не допускается.

В данном расчётном задании для помещения рассчитывается общее равномерное освещение.

Таблица 5.2 - Коэффициенты использования светового потока светильников с лампами накаливания η , %

Тип светильника	У			ШМ			ЛЦ			ГС			ПУ			
	$\rho_{\text{н}}$, %	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70
$\rho_{\text{с}}$, %	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	
i	Коэффициенты использования, %															
0,5	21	24	28	8	9	12	14	16	20	19	21	25	15	18	21	
0,6	27	30	34	10	12	16	19	21	25	24	27	31	19	22	27	
0,7	32	35	38	12	14	18	23	24	29	29	31	34	22	25	30	
0,8	35	38	41	14	16	20	25	26	31	32	33	37	24	28	33	
0,9	38	40	44	16	17	21	27	29	33	34	36	39	26	30	36	
1,0	40	42	45	17	19	22	29	31	34	36	38	40	28	32	39	
1,1	42	44	46	17	19	23	30	32	36	37	39	41	30	34	41	
1,25	44	46	48	19	21	24	31	34	38	39	41	43	32	36	44	
1,5	46	48	51	21	23	27	34	37	41	41	43	46	36	39	48	
1,75	48	50	53	22	25	29	36	39	43	43	44	48	39	42	51	
2,0	50	52	55	24	27	30	38	41	45	44	46	49	41	44	53	
2,25	55	57	60	25	28	31	44	47	51	47	47	50	43	45	55	
2,5	54	55	59	27	29	33	41	45	48	48	49	52	44	46	56	
3,0	55	57	60	28	31	35	44	47	51	49	51	53	46	49	59	
3,5	56	58	61	30	33	37	45	49	52	50	52	54	48	51	61	
4,0	57	59	62	31	35	38	46	50	54	51	53	55	50	52	62	
5,0	58	60	63	32	37	40	48	52	56	52	54	57	52	54	65	

Таблица 5.3 – Основные характеристики люминесцентных ламп

Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Световой поток, лм			
		ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТБ
15	127	700	820	835	850
20	127	880	1020	1060	1060
30	220	1650	1940	2020	2020
40	220	2300	2700	2800	2850
65	220	3750	4400	4600	4600
80	220	4250	5000	5200	5200
125	220	-	8000	-	8150

5.1.3. Расчет освещенности помещения НИР

Дано помещение с размерами: длина $A = 4$ м, ширина $B = 3$ м, высота $H = 3$ м. Высота рабочей поверхности $h_{rp} = 0,8$ м. Требуется создать освещенность $E = 300$ лк.

Коэффициент отражения стен $R_c = 50\%$, потолка $R_n = 70\%$. Коэффициент запаса $k = 1,5$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$. Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Выбираем светильники типа ОД мощностью 40 Вт, $\lambda = 1,4$. Определяем расчетную высоту:

$$h = H - h_c - h_{rp} = 3 - 0 - 0,8 = 2,2 \text{ м}$$

Расстояние между двумя рядами светильников:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,2 = 3,08 \text{ м}$$

Определяем количество рядов светильников:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B - \frac{2}{3}L}{L} + 1 = \frac{3 - \frac{2}{3} \cdot 3,08}{3,08} + 1 = 1,3 \approx 1$$

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены: $L/3 = 3,08/3 = 1,03$ м. Определим количество светильников в ряду:

$$n_{\text{св}} = \frac{A - \frac{2}{3}L}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{4 - \frac{2}{3} \cdot 3,08}{1,23 + 0,5} = 1,1 \approx 1$$

Размещаем светильники в один ряд. В каждом ряду можно установить 1 светильник типа ОД мощностью 40 Вт (с длиной 1,23 м). Изображаем в

масштабе план помещения и размещения на нем светильники (рис. 4).
Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 6$.

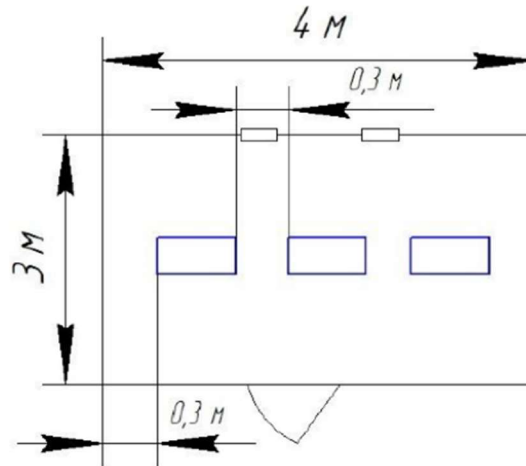


Рисунок 5.1 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Находим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{3 \cdot 4}{3 \cdot (3 + 4)} \approx 0,6$$

По табл. 2 определяем коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,25$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N_l \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 12 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{6 \cdot 0,25} = 4752 \text{ лм}$$

По табл. 3 выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛТБ 65 Вт с потоком 4600 лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{4600 - 4752}{4600} \cdot 100\% \leq +20\%$$

Получаем: $-10\% \leq -3,3\% \leq +20\%$

Определяем электрическую мощность осветительной установки: $P = 65 \cdot 6 = 390 \text{ Вт}$

Повышенный уровень шума на рабочем месте. Источниками шума в данном исследовании следует принять мешалки (здесь: ультразвуковая ванна).

Упомянутый прибор провоцирует возникновение звуковых колебаний в рабочей зоне. Непрерывная работа в условиях повышенного уровня шума может стать причиной снижения работоспособности персонала, вызвать подавленное психическое состояние, стать причиной развития тугоухости, частичной глухоты.

Для обеспечения безопасной работы в условиях лаборатории следует контролировать одновременное включение нескольких приборов, а также использовать звукоизолирующие кожухи, личные средства защиты – звукоподавляющие наушники. Требования ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ [99], для уровней звукового давления и максимальный уровень шума для работы в лаборатории представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4. – Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот

Рабочее помещение	Уровень звукового давления в октавной полосе со среднегеометрическими частотами, дБ									Мах уровень звука, дБ
	Среднегеометрическая частота, Гц									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Лаборатория	93	79	70	63	58	55	52	50	49	75

Широкополосные магнитные поля, создаваемые ПЭВМ

Последствиями нарушений санитарных норм работы за ПК могут стать нарушения сна, повышенная утомляемость, депрессия и стресс, понижение уровня производительности труда. В рамках исследования расчётные работы и обработка экспериментальных результатов проводились с использованием ПЭВМ.

Регулирование трудовой деятельности за компьютером осуществляется посредством следующих документов: ТК РФ; СанПин 1.2.3685-21.

Вредные факторы при работе с ПК:

- электромагнитное воздействие;
- воздействие статического электричества;
- низкая степени ионизации воздуха;

- длительное сидячее положение тела;
- высокие нагрузки на органы зрения.

При работе за компьютером следует соблюдать следующую структуру:

- Правильная организация и оснащение трудового места. Параметры рабочего стола: ширина 80-140 см, глубина 80-100 см, высота 7,25 м. Расстояние от глаз до монитора 60-70 см, расстояние клавиатура от края стола 10-30 см. Компьютерный стул должен регулироваться по высоте, углу наклона спинки и повороту;
- Обеспечение достаточной освещённости. Обеспеченность рабочего места от 300 до 500 лк. Освещённость экрана видеомонитора не более 30 лк. Минимальное расстояние между рабочими местами – 2 м. Минимальное расстояние между видеомониторами – 1,2 м. Окна и источники света должны проходить очистку не реже 2 раз в год;
- Соблюдение регламента перерывов в работе. При рабочем дне продолжительностью 8 часов – перерыв от 50 минут до 1,5 часа. При работе 12 часов – от 80 до 140 минут. При этом следует чередовать трудовую деятельность за компьютером и без него.

Зрительное напряжение

Работа на ПК сопровождается постоянным и значительным напряжением функций зрительного анализатора. Одной из особенностей является иной принцип чтения информации, чем при обычном чтении. Чтобы снизить зрительное напряжение, нужно соблюдать визуальные параметры экрана, регулируемые СП 2.4.3648-20 [100] (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Визуальные параметры экрана

Электронные средства обучения	Диагональ экрана, дюйм/см, не менее
Интерактивная доска (интерактивная панель)	65/165,1
Монитор персонального компьютера, ноутбука	15,6/39,6
Ноутбук	14,0/35,6
Планшет	10,5/26,6

5.2.3. Анализ опасных производственных факторов

Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. В условиях работы в лаборатории, а также при работе на исследовательском оборудовании существует высокий риск получения электротравмы при прикосновении к токоведущим частям, деталям, работающим под напряжением. При этом необходимо контролировать:

- Исправность электропроводки, исправность приборов и проводов.
- Соблюдение техники безопасности сотрудников (регулярно).
- Загруженность электрических сетей и обеспечение изоляции элементов.
- Заземление электрических приборов и помещения.
- В данном исследовании работа проводилась со следующими приборами: УЗ-генератор, вытяжной шкаф, аналитические весы, термостат, сушильный шкаф. Неправильное обращение может стать причиной поражения электрическим током. Согласно классификации помещений по опасности поражения электрическим током можно отнести данную лабораторию к помещениям без повышенной опасности. Все электрические приборы в помещении заземлены. Проведён инструктаж по технике безопасности с персоналом на месте с занесением в журнал по технике безопасности прошедших процедуру.

5.2. Экологическая безопасность

Поступая из разных источников в окружающую среду, наночастицы благодаря своему малому размеру способны проникать в самые разные области нашего мира.

Система контроля состояния окружающей среды на территории химического предприятия, применяющего наноматериалы, включает отбор и анализ проб атмосферного воздуха, почвы, воды открытых водоёмов, растительного и снегового покрова на открытых производственных площадках и на границе санитарно-защитной зоны на содержание

наноматериалов, представляющих опасность для здоровья человека, с периодичностью, определяемой в соответствии с МР 1.2.0024-11 [103].

5.2.1. Защита атмосферы

По дисперсности и особенностям поведения в воздушной среде выделяют следующие группы наночастиц: а) ультратонкие частицы или наночастицы (размер меньше 0,1 мкм); б) частицы средней дисперсности (размер 0,1-10 мкм); в) грубодисперсные частицы (размер более 10 мкм). Попадая в воздух, наночастицы образуют устойчивые во времени аэрозоли, которые проникают в наземные биологические объекты с помощью различных механизмов, физических и химических. Частицы средней дисперсности оседают в неподвижном воздухе с постоянной скоростью, грубодисперсные частицы – с возрастающей скоростью. Как было отмечено выше, наночастицы имеют высокую активность поверхности и легко адсорбируют токсические вещества. Их размер позволяет преодолеть биологические барьеры растений и организмов, проникнуть в растение или организм и провести за собой адсорбированный токсикант. Из атмосферы частицы попадают в биогеоценозы – озёра, реки, почвы, грунты. Таким образом, попадание в воздушную среду приводит к быстрому распространению частиц. Чтобы предотвратить попадание веществ в атмосферу, следует использовать в помещении лаборатории систему вентиляции, оснащённую встроенной системой фильтрации. Предельно допустимая концентрация наноматериалов в воздухе регламентируется МР 1.2.0037-11 [104]. В производственных помещениях также необходимо контролировать чистоту помещения, для этого используют следующие технические подходы: контроль, фильтрование среды, очистка сред (вода, воздух), индивидуальная защита персонала. В помещениях, где непосредственно проводится работа с наноразмерными частицами используется вытяжная система с вакуумом для предотвращения попадания дисперсных частиц за пределы помещения.

5.2.2. Защита гидросферы

Попадая в воду, наночастицы ведут себя отлично от крупнодисперсных материалов в силу развитости поверхности, активности каталитических и электрокинетических свойств. Частицы в водных средах могут растворяться с образованием сложных ионных комплексных соединений – минеральных, органоминеральных, органических комплексов, которые представляют из себя заряженные комплексы и коллоиды частиц с высокоразвитой поверхностью. Также отмечается, что наноматериалы легче вступают в химические превращения, чем более крупные объекты того же состава. Следовательно, они способны образовывать комплексы с неизвестными ранее свойствами. Неправильная утилизация может стать причиной попадания наночастиц в воду, использующуюся для обслуживания нужд людей. По ГОСТ 17.1.3.06-82 [105] и ГОСТ 17.1.3.13-86 [106], если ПДК по СанПиН 1.2.3685-21 [107] не превышен, очистка воды не требуется.

5.2.3. Защита литосферы

В литосферы частицы попадают из атмосферы (пути попадания: адсорбция, осаждение, адгезия), из гидросферы (осаждение, растворение, адсорбция, адгезия) и из биологических объектов. Исследователями отмечается, что основной вклад в загрязнение почв вносят элементы, обладающие наибольшей атомной массой, разнообразием миграционных, комплексных и коллоидных форм. Кинетику миграции и выщелачивание почв наноматериалами изучают в лабораторных условиях снятием и сравнением электрокинетических кривых на загрязнённых и незагрязнённых моделях почвенного профиля. Так как наночастицы переносят на себе заряд, оценка электропроводности почвы может помочь в их регистрации. При попадании наночастиц в почвы возрастает риск нарушения её микробиологического состава, а следовательно – плодородности. Наночастицы легко проникают из почвы в бентос, в растения и, далее по пищевой цепочке, в организмы

животных и людей. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в почве регламентируется СанПиН 1.2.3685-21 [107].

Для полного или частичного уничтожения токсичных веществ используют разные методы переработки, которые зависят от компонентного состава отходов. Способы утилизации:

1. Нейтрализация проводится двумя путями:
 - 1.1. Щелочной гидролиз. После смешивания химических отходов с реагентами реакции превращают смесь в неопасное соединение.
 - 1.2. Хлорирование с окислением.
2. Дистилляция. Жидкие химикаты подвергаются разделению на составные компоненты, которые пригодны к повторному использованию.
3. Термические реакции. Посредством солей щелочных металлов происходит сжигание с доочисткой образовавшихся газов.
4. Переработка полимеров. Все виды пластикового мусора измельчаются и гранулируются.

Категория отходов, не имевшая контакт с биологическими жидкостями человека или с условно заражённым лабораторным оборудованием. Это макулатура, коробки, упаковочный материал. Этот класс отходов не требует специальной обработки и вывозится на полигон бытовых отходов в герметичных мешках, где проходит утилизация. Выделяется несколько основных способов: захоронение, брикетирование, компостирование, переработка (химическая, механическая, термическая).

Также негативным фактором, влияющим на окружающую среду в лаборатории, где проводилась основная работа над ВКР, являются источники света, а именно люминесцентные лампы. Каждая трубка люминесцентной лампы содержит в себе от 3 до 5 мг ртути. Люминесцентные лампы причислены к первому классу токсичных отходов, требующих специальной утилизации: лампы, вышедшие из строя, помещаются в индивидуальные картонные коробки от ламп типа ЛБ, ЛД и другие, после упаковки ламп в тару для хранения они складываются в отдельные коробки из фанеры или ДСП.

При накоплении определённого количества ртутьсодержащих и прочих опасных видов ламп они подлежат сортировке, помещению в отдельные ячейки и отправке в профильную компанию для последующей нейтрализации и переработки [108].

5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятные возможные ЧС в химической лаборатории: пожар и взрыв. Возгорание может возникнуть по ряду причин, среди которых: неисправная проводка, неисправное оборудование, неосторожное обращение с огнём. В хорошо вентилируемом помещении интенсивный приток воздуха может способствовать быстрому распространению пламени. Поэтому при возгорании, если оно не ликвидировано, в первую очередь следует отключить вентилятор и закрыть вентиляционный канал, чтобы предотвратить значительное распространение огня.

Последовательность действий при пожаре:

- подать сигнал о помощи;
- удалить из зоны горения все материалы, способные к воспламенению, в том числе источник воспламенения, если возможно;
- обесточить электрооборудование, ставшее источником воспламенения или обесточить всё помещение;
- применить первичные средства пожаротушения.

Последовательность действий зависит от конкретной ситуации.

При этом стоит принять во внимание, что если в вытяжном шкафу проводились работы с токсичными веществами, то отключение вентиляции может стать причиной их выделения в воздух рабочей зоны. А при повышении температуры возможность отравления участников ликвидации аварии возрастает. В таком случае всем находящимся в помещении необходимо использовать СИЗОД до снижения концентрации токсиканта в воздухе. Следует регулярно проводить мероприятия по мониторингу и повышению устойчивости организации при ЧС:

- Инженерно-технические – повышение устойчивости сооружений, контроль за технологическими процессами, противопожарные мероприятия (система сигнализации, средства пожаротушения и пр.), утилизация и контроль сроков хранения и объёмов пожаро- и взрывоопасных веществ, дублирование и контроль источников электроснабжения, защита водоисточников, защита уникального и ценного оборудования. План эвакуации 2 этажа 15 корпуса НИ ТПУ, ул. Ленина, 2, стр. 1 представлена на рис. 5.2.



Рисунок 5.2 – План эвакуации этажа

- Организационные – включают в себя разработку плана действий при ЧС, прогнозирование последствий, создание и контроль систем оповещения, подготовка персонала, проведение учений и инструктажа. Помимо этого, к инженерно-техническим мерам относятся разработка планов и технологических карт по снижению опасности при возникновении аварийных ситуаций, восстановление нарушенного производства и локализация последствий.

- Специальные мероприятия – обеспечение и хранение СИЗОД, создание запаса средств для нейтрализации опасных и вредных веществ, дегазация [109].

5.4. Выводы

В соответствии с постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 31 октября 2007 г, № 79, каждый индивидуальный наноматериал следует рассматривать как новую продукцию и относить к веществам, потенциально опасным для здоровья человека. До официального установления класса опасности наноматериалов (в рамках их гигиенического нормирования) рекомендуется придерживаться алгоритма определения степени потенциальной опасности (согласно МР 1.2.2522-09).

Задачи настоящего исследования совпадают с основной идеей разработки системы гигиенического нормирования наноматериалов, так как делают возможным научное обоснование поведения наночастиц в жидких средах, посредством изучения физических, химических свойств наночастиц цинка и оксида цинка в водных растворах и растворах на основе питательной среды Хьюитта. И, следовательно, позволяют предсказать возможные последствия попадания частиц в окружающую среду и растения.

В главе также рассмотрены основные требования к безопасности работы персонала на всех этапах работы с выбранными материалами для минимизации негативного воздействия.

По итогам анализа требований к безопасности работы персонала можно сделать вывод, что рабочее место по безопасности соответствует нормативно-технической документации, указанной в главе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lohse S.E., Murphy C.J. Applications of colloidal inorganic nanoparticles: from medicine to energy // *Journal of the American Chemical Society*. – 2012. – Vol.134(38). – P.15607-15620.
2. Avramescu M.-L., Chénier M., Palaniyandi S., Rasmussen P.E. Dissolution behavior of metal oxide nanomaterials in cell cultures versus distilled water // *Journal of Nanoparticle Research*. – 2020. – Vol. 22. – N. 222.
3. Wang L., Li J., Jiang Q., Zhao L. Water-soluble Fe₃O₄ nanoparticles with high solubility for removal of heavy-metal ions from waste water // *Dalton Transactions*. – 2012. – Vol. 41. – P. 4544-4551.
4. Gambardella C., Morgana S., Di Bari G., Ramoino P., Bramini M., Diaspro A., Falugi C., Faimali M. Multidisciplinary screening of toxicity induced by silica nanoparticles during sea urchin development // *Chemosphere*. – 2015. – Vol.139. – P.486-495.
5. He A., Jiang J., Ding J., Sheng G.D. Blocking effect of fullerene nanoparticles (nC₆₀) on the plant cell structure and its phytotoxicity // *Chemosphere*. – 2021. – Vol. 278. – P. 130474.
6. Yilmaz M., Yilmaz A., Karaman A., Aysin F., Aksakal O. Monitoring chemically and green-synthesized silver nanoparticles in maize seedlings via surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) and their phytotoxicity evaluation // *Talanta*. – 2021. – Vol. 225. – P. 121952.
7. Sun Y., Jing R., Zheng F., Zhang S., Jiao W., Wang F. Evaluating phytotoxicity of bare and starch-stabilized zero-valent iron nanoparticles in mung bean // *Chemosphere*. – 2019. – Vol. 236. – P. 124336.
8. Ray S.K., Banerjee A., Choudhury S., Pyne D.10 - Nanometal and metal oxide-based polymer nanocomposite membranes for pervaporation // *In Micro and Nano Technologies*. – 2020. – P. 231-262.
9. Aslanni F., Bagheri S., Julkapli N.M., Juraimi A.S., Hashemi F.S.G., Baghdadi A. Effects of engineered nanomaterials on plants growth: an overview // *The Scientific World Journal*. – 2014. – Vol. 2014. – P. 641759.

10. Dutschk V., Karapantsios T., Liggieri L., McMillan N., Miller R., Starov V.M. Smart and green interfaces: from single bubbles/drops to industrial environmental and biomedical applications // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2014. – Vol.209. – P.109-126.
11. Baughman R.H., Zakhidov A.A., de Heer W.A. Carbon nanotubes – the route toward applications // *Science*. – 2002. – Vol. 297. – N. 5582. – P. 787-792.
12. Zhang J., Yang Y., Huang X., Shan Q., Wu W. Novel preparation of high-yield graphene and graphene/ZnO composite // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2021. – Vol. 875. – P.160024.
13. Noskov B.A., Timoshen K.A., Bykov A.G. Langmuir layers of fullerene C60 and its mixtures with amphiphilic polymers // *Journal of Molecular Liquids*. – 2020. – Vol.320. – P.114440.
14. Song C. Yin C., Qu H. Electronic microstructure and thermal conductivity modeling of semiconductor nanomaterials // *Microelectronics Journal*. – 2021. – Vol. 108. – P. 104988.
15. Yang K., Ma Y. Computer simulation of the translocation of nanoparticles with different shapes across a lipid bilayer // *Nature Nanotechnology*. – 2010. – Vol. 5. – P. 579-583.
16. Naseem T., Durrani T. The role of some important metal oxide nanoparticles for wastewater and antibacterial applications: A review // *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*. – 2021. – Vol. 3. – P. 59-75.
17. Diao M., Yao M. Use of zero-valent iron nanoparticles in inactivating microbes // *Water Research*. – 2009. – Vol. 43. – P. 5243-5251.
18. Rahou D., Bekhouche H., Ghezal E.A., Gueddim A., Bouarissa N., Ziani H. Electronic and optical properties of InSb quantum dots from pseudopotential calculation // *Chinese Journal of Physics*. – 2020. – Vol. 66. – P. 206-213.
19. Li Z., Veeraraghavan V.P., Mohan S.K., Bolla S.R., Lakshmanan H., Kumaran S., Aruni W., Aladresi A.A.M., Shair O.H.M., Alharbi S.A., Chinnathambi A. Apoptotic induction and anti-metastatic activity of eugenol encapsulated chitosan nanopolymer on rat glioma C6 cells via alleviating the MMP signaling pathway //

Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. – 2020. – Vol.203. – P. 1-10.

20. Mignani S., Shi X., Ceña V., Rodrigues J., Tomas H., Majoral J.-P. Engineered non-invasive functionalized dendrimer/dendron-entrapped/complexed gold nanoparticles as a novel class of theranostic (radio) pharmaceuticals in cancer therapy // Journal of Controlled Release. – 2021. – Vol. 332. – P. 346-366.

21. Kawazoe Y. Clusters and nanomaterials, theory and experiment. Heidelberg: Springer-Verlag. – 2001. – 345 p.

22. Ремпель А.А. Нанотехнологии, свойства и применение наноструктурированных материалов // Успехи химии. – 2007. – Т. 76. – С. 474–500.

23. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит, 2007. – 416 с.

24. Hu P., Han N., Zhang D., Ho J., Chen Y. Highly formaldehyde-sensitive, transition-metal doped ZnO nanorods prepared by plasma-enhanced chemical vapor deposition // Sensors and Actuators B: Chemical. – 2012. – Vol.169. – P. 4-80.

25. Dalal S.H., Baptista D.L., Teo K.B.K., Lacerda R.G., Jefferson D.A., Milne W.I. Controllable growth of vertically aligned zinc oxide nanowires using vapour deposition // Nanotechnology. – 2006. – Vol. 17. – No. 19. - P. 4811-4818.

26. Perveen R., Shujaat S., Qureshi Z., Nawaz S., Khan M.I., Iqbal M. Green versus sol-gel synthesis of ZnO nanoparticles and antimicrobial activity evaluation against panel of pathogens // Journal of Materials Research and Technology. – 2020. – Vol. 9. – P. 7817-7827.

27. Baruah S., Dutta J. Hydrothermal growth of ZnO nanostructures // Science and Technology of Advanced Materials. – 2009. – Vol. 10. – P. 013001.

28. Ranjan P., Singh R.K., Suematsu H., Phillip L., Sarathi R. Synthesis of nano-ZnO by wire explosion process and its photocatalytic activity // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2017. – Vol. 5. – P. 1676-1684

29. Винников В.П., Генералов М.Б. Методы получения нанодисперсных порошков. – СПб.: ЦОП Профессия. – 2016. – 240 с

30. Fedorov L.Y., Karpov I.V., Ushakov A.V., Lepeshev A.A. Influence of pressure and hydrocarbons on carbide formation in the plasma synthesis of TiC nanoparticles // *Inorganic Materials*. – 2015. – Vol 51. – P. 25-28
31. Hu P., Han N., Zhang D., Ho J., Chen Y. Highly formaldehyde-sensitive, transition-metal doped ZnO nanorods prepared by plasma-enhanced chemical vapor deposition // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 2012. – Vol. 169. – P. 74-80.
32. Zhang J., Tu R., Goto T. Spark plasma sintering of Al₂O₃-Ni nanocomposites using Ni nanoparticles produced by rotary chemical vapour deposition // *Journal of the European Ceramic Society*. – 2014. – Vol. 34. – P. 435-441.
33. Hattori Y., Mukasa S., Toyota H., Inoue T., Nomura S. Synthesis of zinc and zinc oxide nanoparticles from zinc electrode using plasma in liquid // *Materials Letters*. – 2011. – Vol. 65. – P. 188-190
34. Irzh A., Genish I., Klein L., Solovyov L.A., Gedanken A. Synthesis of ZnO and Zn nanoparticles in microwave plasma and their deposition on glass slides // *Langmuir*. – 2010. – Vol. 26. – P. 5976-5984
35. Yoo H.I., Mauchauffé R., Moon S.Y. Fabrication of zinc oxide nanostructures in RF inductively-coupled thermal plasma and their photoluminescence effects // *Current Applied Physics*. – 2021. – Vol. 25. –P. 18-23.
36. Sharma R.K., Ghose R. Synthesis of zinc oxide by homogenous precipitation method and its application in antifungal activity against *Candida albicans* // *Ceramics International*. – 2015. – Vol. 41. – P. 967-975.
37. Asamoah R.B., Yaya A., Mensah B., Nbalayim P., Apalangya V., Bensah Y.D., Damoah I.N.W., Agyei-Tuffour B., Dodoo-Arhin D., Annan E. Synthesis and characterization of zinc and copper oxide nanoparticles and their antibacteria activity // *Results in Materials*. – 2020. – Vol. 7. – P.100099.
38. Goorabjavari S.V.N., Golmohamadi F., Haririmonfared S., Ahmadi H., Golisani S., Yari H., Hasan A., Edis Z., Ale-Ebrahim M., Sharifi M., Rasti B., Nemati F., Falahati M. Thermodynamic and anticancer properties of inorganic zinc

oxide nanoparticles synthesized through co-precipitation method // Journal of Molecular Liquids. – 2021. – Vol. 330. – P.115602.

39. Lanje A.S., Sharma S.J., Ningthoujam R.S., Ahn J.-S., Pode R.B. Low temperature dielectric studies of zinc oxide (ZnO) nanoparticles prepared by precipitation method // Advanced Powder Technology. – 2013. – Vol. 24. – P. 331-335.

40. Бурцев В.А., Калинин Н.В., Литуновский В.Н. Электрический взрыв проводников и его применение. – М: Энергоатомиздат, 1980.

41. Goo W.H., Luong B., Park E.J., Kim J.S., Jung H.S., Lee H.D. Synthesis and characterization of nanosized Zn powder by electrical explosion of wire in liquid // Modern Physics Letters B. – 2009. – Vol. 23. – P. 3903-3909.

42. Abdelkader E.K., Jelliss P.A., Buckner S.W. Synthesis of organically-capped metallic zinc nanoparticles using electrical explosion of wires (EEW) coupled with PIERMEN // Materials Chemistry and Physics. – 2015. – Vol. 149-150. – P. 238-245.

43. Ranjan P., Santhosh kumar L., Suematsu H., Chakravarthy S.R., Jayaganthan R., Sarathi R. Thermodynamic analysis of ZnO nanoparticle formation by wire explosion process and characterization // Ceramics International. – 2017. – Vol. 43. – P. 6709-6720.

44. Li X.H. Antibacterial and physical properties of poly (vinyl chloride)-pased film coated with ZnO nanoparticles // Food Science Technology International. – 2010. – Vol.16 (3). – P.225-232.

45. Кузьмина И.П., Никитенко В.А. Окись цинка. Получение и оптические свойства. – М.: Наука, 1984. – 203 с.

46. Baruah S., Dutta J. Hydrothermal growth of ZnO nanostructures // Science and Technology of Advanced Materials. – 2009. – Vol. 10. – P. 013001.

47. Özgür Ü., Alivov Ya. I., Liu C., Teke A., Reshnikov M.A., Doğan S., Avrutin V., Cho S.-J., Morkoç H. A comprehensive review of ZnO materials and devices // Journal of Applied Physics. – 2005. – Vol. 98. – P.1992666.

48. Pearton S.J., Norton D.P., Ip K., Heo Y.W., Steiner T. Recent progress in processing and properties of ZnO // Superlattices and Microstructures. – 2003. – Vol. 34. – P. 3-32.

49. Seprone N., Dondi D., Albin A. Inorganic and organic UV filters: their role and efficacy in sunscreens and skin care products // Inorganica Chimica Acta. – 2007. – Vol. 360. – P.794-802.

50. Goswam A., Roy I., Sengupta S., Debnath N. Novel applications of solid and liquid formulations of nanoparticles against insect pests and pathogens // Thin Solid Films. – 2010. – Vol.519 – P.1252-1257.

51. Moezzi A., McDonagh A.M., Cortie M.B. Zinc oxide particles: Synthesis, properties and applications // Chemical Engineering Journal. – 2012. – Vol. 185-186. – P. 1-22.

52. Hanley C., Thurber A., Hanna C., Punnoose A., Zhang J., Wingett D.G. The influences of cell type and ZnO nanoparticle size on immune cell cytotoxicity and cytokine // Nanoscale Research Letters - 2009. - Vol. 4. – P.1409-1421.

53. Pandurangan M., Enkhiavian G., Kim D.H. Anticancers studies of synthesized ZnO nanoparticles against human cervical carcinoma cells // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. – 2016. – Vol. 158. – P. 206-211.

54. Guo D., Wu C., Jiang H., Li Q., Wang X., Chen B. Synergistic cytotoxic effect of different sized ZnO nanoparticles and daunorubicin against leukemia cancer cells under UV irradiation // Journal of Photochemistry and Photoiology B: Biology. – 2008. – Vol. 93. – P. 119-126.

55. Zhang Y., Nayak T.R., Hong H., Cai W. Biomedical Applications of Zinc Oxide Nanomaterials // Current Molecular Medicine. – 2013. – Vol. 13. – P. 1633-1645.

56. Uskaikar P.H., Shetti N.P., Bukktigar S.D., Malode S.J., Jamakandi N.V., Manu T.M. Applications of zinc oxide nanoparticles as an electrode modifier for ambroxol // Materials Today: Proceedings. – 2019. – Vol.18. – P. 963-967.

57. Rode C., Zieger M., Wyrwa R., Thein S., Wiegand C., Weiser M., Ludwig A., Wehner D., Hipler U.-C. Antibacterial Zinc Oxide Nanoparticle Coating of

Polyester Fabrics // Journal of Textile Science and Technology. – 2015. – Vol. 1. – P. 65-74.

58. Marra A., Silvestre C., Duraccio D., Cimmino S. Polylactic acid/zinc oxide biocomposite films for food packaging application // International Journal of Biological Macromolecules. – 2016. – Vol. 88. – P. 254-262.

59. Smijs T., Pavel S. Titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in sunscreens: focus on their safety and effectiveness // Nanotechnology, Science and Applications. – 2011. – Vol. 4. – P. 95-112.

60. Kuo C.L., Wang C.-L., Ko H.-H., Hwang W.-S., Chang K., Li W.-L., Huang H.-H., Chang Y.-H., Wang M.-C. Synthesis of zinc oxide nanocrystalline powders for cosmetic applications // Ceramics International. – 2010. – Vol. 36. – P. 693-698.

61. Pedruzzi D.P., Arajuro L.O., Falco W.F., Machado G., Casagrande G.A., Colbeck I., Lawson T., Oliveira S.L., Caires A.R.L. ZnO nanoparticles impact on the photosynthetic activity of *Vicia faba*: Effect of particle size and concentration // NanoImpact. – 2020. – Vol. 19. – P.100246.

62. Thuesombat, P., Hannongbua S., Akasit S., Chachawan S. Effect of silver nanoparticles on rice (*Oryza sativa L.* cv KDML 105) seed germination and seedling growth // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2014. – Vol. 104. – P. 302-309.

63. Schere M.D., Sposito J.C.V., Falco W.F., Grisolia A.B., Andrade L.H.C., Lima S.M., Machado G., Nascimento V.A., Gonçalves D.A., Wender H., Lima S.M., Oliveira S.L., Caires A.R.L. Cytotoxic and genotoxic effects on meristematic cells of *Allium cepa* roots: A close analysis of particle size dependence // Science of the Total Environment. – 2019. – Vol. 660. – P. 459-467.

64. Falco W.F., Scherer M.D., Oliveira S.L., Wender H., Colbeck I., Lawson T., Caires A.R.L. Phytotoxicity of silver nanoparticles on *Vicia faba*: Evaluation of particle size effects on photosynthetic performance and leaf gas exchange // Science of the Total Environment. – 2020. – Vol. 701. – P.134816.

65. Daohui L., Baoshan X. Phytotoxicity of nanoparticles: Inhibition of seed germination and root growth // *Environmental Pollution*. – 2007. – Vol.150. – P.243-250.
66. Du W., Yang J., Peng Q., Liang X., Mao H. Comparison study of zinc nanoparticles and zinc sulphate on wheat growth: From toxicity and zinc biofortification // *Chemosphere*. – 2019. – Vol. 227. – P.109-116.
67. Awan S., Shahzadi K., Javad S., Tariq A., Ahmad A., Ilyas S. A preliminary study of influence of zinc oxide nanoparticles on growth parameters of *Brassica oleracea var italic* // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. – 2021. – Vol. 20. – P. 18-24.
68. Cyriac J., Melethil K., Thomas B., Sreejit M., Varghese T. Synthesis of biogenic ZnO nanoparticles and its impact on seed germination and root growth of *Oryza sativa L.* and *Vigna unguiculata L.* // *Materials Today: Proceedings* – 2020. – Vol. 25. – P. 224-229.
69. Chen J., Dou R., Yang Z., You T., Gao X., Wang L. Phytotoxicity and bioaccumulation of zinc oxide nanoparticles in rice (*Oryza sativa L.*) // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2018. – Vol. 130. – P. 604-612.
70. Libralato G., Costa Devoti A., Zanella M., Sabbioni E. Phytotoxicity of ionic, micro- and nanosized iron in three plant species // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2016. – Vol. 123. – P. 81-88.
71. Faisal M., Abdulrahman Q. S., Abdulaziz A., Al-Khedhairi A., Hegazy A.K., Musarrat J. Phytotoxic hazards of NiO-nanoparticles in tomato: A study on mechanism of cell death // *Journal of Hazardous Materials*. – 2013. – Vol. 250-251. – pp. 318-332.
72. Zhang P., Xie C., Ma Y., He X., Zhang Z., Ding Y., Zheng L., Zhang J. Shape-Dependent Transformation and Translocation of Ceria Nanoparticles in Cucumber Plants // *Environmental Science & Technology Letters*. – 2017. – Vol. 4. – P. 380-385.

73. Syu Y., Hung J.H., Chen J.C., Chuang H. Impacts of size and shape of silver nanoparticles on *Arabidopsis* plant growth and gene expression // Plant Physiology and Biochemistry. – 2014. – Vol. 83. – P.57-64.

74. Nandhimi, M., Rajini S.B., Udayashankar A.C., Niranjana S.R., Lund O.S., Shetty H.S., Prakash H.S. Biofabricated zinc oxide nanoparticles as an eco-friendly alternative for growth promotion and management of downy mildew of pearl millet // Crop Protection – 2019. – Vol. 121. – P.103-112.

75. Zhao X., Zhang W., He Y., Wang L., Li W., Yang L., Xing G. Phytotoxicity of Y2O3 nanoparticles and Y3+ ions on rice seedlings under hydroponic culture // Chemosphere. – 2021. – Vol. 263. – P. 127943.

76. Qian H., Peng X., Han X., Ren J., Sun L., Fu Z. Comparison of the toxicity of silver nanoparticles and silver ions on the growth of terrestrial plant model *Arabidopsis thaliana* // Journal of Environmental Sciences. – 2013. – Vol. 25. – P. 1947-1956.

77. Amist N., Singh N.B., Yadav K., Singh S.C., Pandey J.K. Comparative studies of Al3+ ions and Al2O3 nanoparticles on growth and metabolism of cabbage seedlings // Journal of Biotechnology. – 2017. – Vol. 254. – P.1-8.

78. Zakharova O., Kolesnikov E., Shatrova N., Gusev A. The effects of CuO nanoparticles on wheat seeds and seedlings and *Alternaria solani* fungi: in vitro study // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol.226. – P. 012036.

79. Li R., He J., Xie H., Wang W., Kumar S.B., Sun Y., Hu J., Yin H. Effects of chitosan nanoparticles on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) // International Journal of Biological Macromolecules. – 2019. – Vol.126. – P.91-100.

80. Кендзиро О., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности: Пер. с англ. – М.: Наука, 2006. – 490 с.

81. Синдо Д., Оикава Т. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия. – М.: Техносфера, 2006. – 249 с.

82. Hewitt E. J. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1966. – 547 p.

83. Josko I., Oleszczuk P. Influence of soil type and environmental conditions on ZnO, TiO₂ and Ni nanoparticles phytotoxicity // Chemosphere. – 2013. – Vol. 92. – P. 91-99.

84. Меньщикова Е., Ланкин В. З., Зенков Н. К., Бондарь И. А., Круговых Н. Ф., Труфакин В. А. Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты. – М.: Фирма «Слово», 2006. – 556 с.

85. Broadley M.R., White P.J, Hammond J.P, Zelko I., Lux A. Zinc in plants // New Phytologist – 2007. – Vol. 173. – P. 677-702.

86. Котлер Ф., Бергер Р., Бикхофф Н. Стратегический менеджмент по Котлеру. Лучшие приемы и методы – Альпина Паблишер, 2012. – 143 с.

87. Майсак О. С. SWOT-анализ: объект, факторы, стратегии. Проблема поиска связей между факторами // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. –2013. – № 1 (21). – с. 151–157.

88. Постановление Минтруда России, Минобразования России от 13.01.2003 N 1/29 (ред. от 30.11.2016) "Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций".

89. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021)

90. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: учебное пособие / А. И. Агошков, А. Ю. Трегубенко, Т. И. Вершкова; Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ). — Москва: Проспект, 2015. — 157 с.: ил. — Библиогр.: с. 153-154.

91. ГОСТ Р 56748.1-2015 Нанотехнологии. Наноматериалы. Менеджмент риска. Часть 1. Общие положения.

92. ГОСТ 12601-76 Порошок цинковый. Технические условия.

93. ГОСТ 4174-77 Цинк сернокислый 7-водный. Технические условия.

94. ГОСТ 4142-77 Кальций азотнокислый 4-водный. Технические условия (с изменениями N 1, 2, 3).
95. ГОСТ 4198-75 Реактивы. Калий фосфорнокислый однозамещённый. Технические условия (с изменениями N 1,2,3).
96. ГОСТ 4217-77 Реактивы. Калий азотнокислый. Технические условия (с изменениями N 1, 2).
97. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
98. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
99. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ Шум. Общие требования безопасности.
100. СП 2.4.3648-20 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодёжи.
101. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
102. Gulson B. Small amounts of zinc from zinc oxide particles in sunscreens applied outdoors are absorbed through human skin // Toxicological Sciences – 2010. – Vol. 118. – P. 140-149.
103. МР 1.2.0024-11 Контроль наноматериалов, применяемых в химической промышленности.
104. МР 1.2.0037-11. Контроль наноматериалов в воздухе.
105. ГОСТ 17.1.3.06–82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
106. ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.
107. СанПин 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности факторов среды обитания.
108. Постановление Правительства РФ от 3 сентября 2010 г. № 681.

109. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях.

СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

1. Кузнецова А.Е. Влияние наночастиц оксида цинка на биометрические параметры проростков пшеницы // Материалы XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук», Томск, Россия, 21-24 апреля, 2020. – Томск: Издательство Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2020, С. 98-100.

2. Кузнецова А.Е., Годымчук А.Ю., Куровский А.В. Влияние сферических и волокнистых наночастиц на прорастание семян // материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых «Инновационные материалы и технологии», г. Минск, 19–21 января, 2021. – Минск: БГТУ, 2021, С. 109-112

3. Кузнецова А.Е. Влияние концентрации наночастиц ZnO на биометрические параметры проростков пшеницы // Материалы XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук», Томск, Россия, 27-30 апреля, 2021. – В печати.

Приложение А Experimental Part

Раздел 2 Экспериментальная часть

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ92	Кузнецова А. Е.		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель отделения иностранных языков	Демьяненко Н.В.	-		

CHAPTER 2. EXPERIMENTAL

2.1. Research objects

As objects of research, we chose ZnO and Zn nanopowders with different sizes, given by different manufacturers (Table 2.1).

Table 2.1 - Composition and properties of nanopowders according to the manufacturer's data

Sample, designation in work	Composition	Average particle size, nm	Colour	Synthesis	Manufacturer
ZnO-14	ZnO	14	white	Deposition method	Plasmachem, Germany
ZnO-25	ZnO	25	white	Deposition method	Plasmachem, Germany
ZnO-40	ZnO	20...40	white	Plasma chemical synthesis	Nanostructured & Amorphous Materials, Inc., USA
ZnO-100	ZnO	100.	gray	Plasma chemical synthesis	Platina LLC, RF
ZnO-300	ZnO	200...250	white	Plasma chemical synthesis	Empils JSC, RF
Zn	Zn – 95 wt. % ZnO-5 wt. %	90	dark gray	Electrical explosion of wires	LLC "Advanced Powder Technologies", RF

For the experiments, we used wheat grains of the Iren variety (*Triticum aestivum L.*), harvest 2017, provided by A.P. Kurovsky, Associate Professor of Tomsk State University. The mass of 1000 grains is 32...40 grams. This wheat variety has been used in a number of studies [78,79].

2.2. Determination of the dispersion of nanoparticles

2.2.1. Determination of the size of dry nanoparticles

Scanning electron microscopy (SEM) was used to obtain an image of the surface of an object with high spatial resolution. SEM is based on the principle of interaction of an electron beam with an object under investigation [80], as a result, the resulting radiation is recorded and converted into electrical signals. The method makes it possible to determine the surface morphology with a resolution of up to 10 nm.

In this work, the microstructural characteristics of the surface of nanopowders were determined using a JSM-7500FA (Jeol) scanning electron microscope with a

maximum resolution of 1 nm. Before shooting, a carbon film was sprayed onto the powder, which was applied in a thin layer on conductive tape; the survey was carried out at an accelerating voltage of 0.1 ... 20 kV.

Transmission electron microscopy (TEM) is a microscopy technique in which a beam of electrons is passed through a sample to form an image. The sample is basically an ultrathin section with a thickness of less than 100 nm or a suspension on a grid [81]. TEM is used in various fields of science, education and production due to its high magnification ability, the ability to obtain information about the sample composition and surface properties, and the resulting high-definition images. The disadvantages include the high cost of equipment and the complexity of sample preparation. Also, transmission electron microscopes are sensitive to vibrations and the effects of an electromagnetic field.

The images were processed using the ImageJ program. For the study, at least 100 particles were taken. The processing resulted in a particle size distribution.

2.2.2. Sizing in suspension

To study the dispersion properties of nanoparticles in suspensions, the method of laser diffraction was used. The method is based on the dependence of the angle of light scattering on the size of agglomerates. The measurement was carried out on a SALD-7101 particle analyzer (Shimadzu, Japan) for suspensions with a nanopowder content of 0.01 ... 0.04 wt%. In measurements, a dry sample of the powder was added to the mixer of the device filled with distilled water (pH = 6.5 - 0.6, conductivity 0.2 μ S, Aquadistiller DE-4 TZMOI, Tyumen Mediko, Russia). The measurement was carried out at least three times within 15 minutes at 25 ° C with the paddle stirrer turned on and ultrasonic exposure (40 W, built-in source in the device). The experimental results are curves of the volumetric particle size distribution in the range of 0.01 ... 300 μ m, according to which the average size (d_{ave}) of particles is calculated by the formula:

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

where d is the size of the particles in the dispersion, q is the differential percentage of particles with the size d in the dispersion.

2.3. Preparation of solutions and suspensions of nanoparticles

2.3.1. Preparation of Control - Hewitt's Buffer Solution

As a nutrient solution, Hewitt's buffer solution was used, containing the necessary trace elements for seed germination (Table 2.2), which is widely used in hydroponic cultivation of plants [82]. Hewitt's solution was prepared by dissolving the necessary substances in distilled water (pH = 6.5-0.6, conductivity 0.2 μ C, DE-4 water distiller TZMOI, Tyumen Mediko, Russia) at $25\pm 2^\circ\text{C}$. Weighing was performed on an ALC-110d4 electronic laboratory balance (Acculab, Russia, accuracy ± 0.0001). The solutions were stored for no more than one month at $25\pm 2^\circ\text{C}$.

Table 2.2. Elemental and salt composition of Hewitt's solution

Element	Concentration, mg/L	Substance	Concentration, mg/L
N	168	NH_4NO_3	80
P	41	KH_2PO_4	91
Ca	160	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$	944
K	56	KNO_3	202
Mg	36	$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	369
Zn	0,07	$\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	290
B	0,54	H_3BO_3	3100
Fe	2,8	$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	13900
Cu	0,06	$\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$	250
Mo	0,04	$(\text{NH}_4)_2 \times \text{MoO}_4$	200

2.3.2. Preparation of nanoparticle suspensions

In this work, suspensions of nanoparticles with a zinc (Zn) concentration of 10...10000 mg/l were prepared in Hewitt's solution/distilled water at $25\pm 2^\circ\text{C}$. To prepare suspensions with concentrations >100 mg/L, an ALC-110d4 electronic analytical balance (Acculab, USA, accuracy ± 0.001) was used. Suspensions with concentrations <100 mg/L were obtained by diluting suspensions with a concentration of 100 mg/L.

Then, the suspensions in closed plastic containers were mixed manually for 15 s with shaking and then processed in an ultrasonic bath GRAD 28-35 (Grade Technology, Russia) at an ultrasound power of 100 W for 30 min. The suspensions were not stored; they were used for the experiment for 10 min.

2.3.3. Preparation of Zn^{2+} solutions

To prepare a medium containing 10...10000 mg/L of zinc ions (Zn^{2+}), zinc sulfate ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, chemically pure grade, GOST 4174-77) was used. The solutions were prepared on the basis of Hewitt's solution in glass round-bottom flasks at $25 \pm 2^\circ C$. Solutions with concentrations < 100 mg/L were obtained by diluting a solution with a concentration of 100 mg/L. The solutions, as well as suspensions, were treated in an ultrasonic bath for 30 min.

2.4. Study of the biological properties of nanoparticles

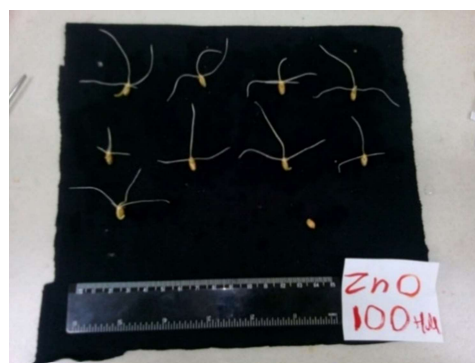
2.4.1. Determination of morphometric parameters of seedlings

The biological properties of NPs and solutions were assessed by root formation at the stage of germination of spring wheat seeds.

In the work, 10 seeds were laid out on filter paper in sterile Petri dishes at an equidistant distance (Fig. 2.1a). 7 ml of prepared suspensions or solutions were evenly poured onto the laid out seeds, a closed Petri dish was wrapped in a transparent bag and kept in a TC-1/80 thermostat (Smolenskoe SKTB SPU, Russia) at $25 \pm 2^\circ C$ for 48 h.



a



b

Figure 2.1. Sprouted seeds: in a Petri dish (a) and laid out for morphometric analysis (b).

After incubation, the cups were taken out of the thermostat and the germinated and non-germinated grains were carefully removed with sterile tweezers and laid out on a black cloth (Fig. 2.1b) for photographing. Based on the images obtained, germination (B, %) was calculated using the formula:

$$B = \frac{\text{number of sprouted seeds}}{\text{number of sown seeds}} * 100\%. \quad (2.2)$$

To measure the length of the root (L), we used the CorelDraw program, after which the degree of stimulation (+%)/suppression (-%) of the root (R) was calculated using the formula:

$$R = \frac{A-K}{K} * 100\%, \quad (2.3)$$

In which A is the average length of the seedling root grown in a medium supplemented with zinc, K is the average length of the seedling root grown in Hewitt's solution (control) [83].

After measurements, the germinated seeds were returned to the Petri dishes; if necessary, 3-5 ml of distilled water were added. The closed cups were kept under a lamp (300 Lx) for 5 days at $25 \pm 2^\circ\text{C}$ (Fig. 2.2). After that, the seeds with the root and greens were taken out with sterile tweezers, and the roots and greens were cut off from the grain with sterile scissors for weighing on a scale ALC-110d4 (Acculab, USA, accuracy ± 0.0001). Then the roots and green seedlings were dried in a thermostat at 40°C for 24 h, after which the masses of the dry root and green seedling were weighed.

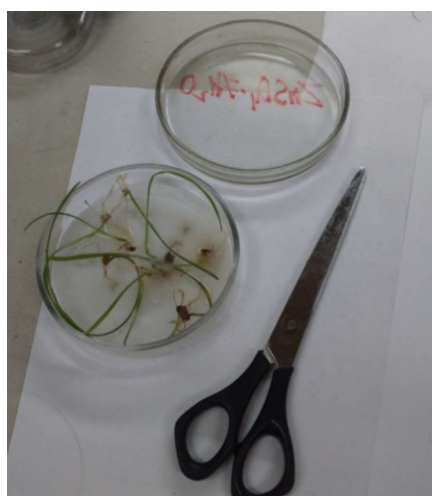


Figure 2.2. Photo of germinated seeds.

The resulting dry air masses were used to calculate the root index RI according to the formula:

$$RI = \frac{m_r}{m_s}. \quad (2.4).$$

where m_r and m_s are dry air masses of germinated roots and shoots, respectively.

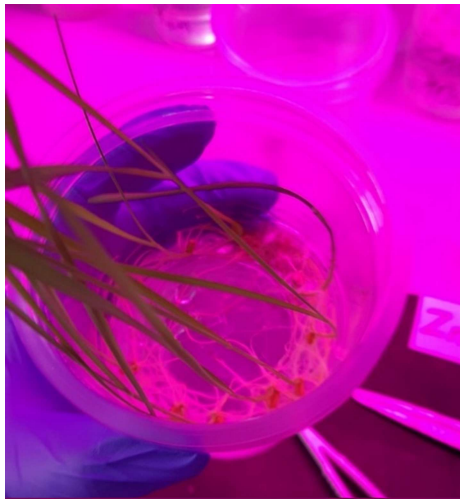
2.4.2. Prolonged experiment

For a prolonged experiment, after germination in a thermostat and measurements of the roots, the seedlings were placed in an incubation chamber, which consisted of a 500 ml plastic beaker and a 200 ml container placed in it, in the bottom of which holes were made (Fig. 2.3a). The seedlings were placed so that the roots were close enough to the holes, and the larger glass was filled with distilled water so that it covered the bottom of the smaller one. The incubation chambers were kept under photosynthetic lamps (300 lx) for 9 days (Fig. 2.3b).



a
b
Figure 2.3. Germinated seeds in the incubation chamber: (a) after 9 days of germination (b).

After that, the seedlings (Fig. 2.4a) were removed from the chambers and placed on a black cloth / paper for photographing (Fig. 2.4b) and further calculation of the shoot length in the CorelDraw program.



a



b

Figure 2.4. Contents of the incubation chamber (a) and shoots laid out for analysis (b).

Then the roots and shoots were separated from the seeds with sterile scissors and dried in a thermostat at 30°C for 24 h to obtain the value of the root index according to formula (2.4).