

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Влияние водных суспензий промышленных наночастиц на биометрические свойства проростков пшеницы

УДК 66.063.62:544.7:633.11

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ92	Шептор Анна Сергеевна		

Руководитель

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.	-		

Приложение 2 «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
директор НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии»	Хасанов О.Л.	профессор, 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 (специальность) Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы Отделение материаловедения

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ92	Шептор Анна Сергеевна

Тема работы:

Влияние водных суспензий промышленных наночастиц на биометрические свойства проростков пшеницы	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 57-54/с от 26.02.2021 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2021г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1) Источники литературы: базы данных www.sciencedirect.com , www.elibrary.ru , www.scopus.com , www.springernature.com 2) Оборудование и лабораторный инвентарь отделения материаловедения Томского политехнического университета и кафедры экологии, природопользования и инженерии Томского государственного университета. 3) Объекты исследования: нано и микрочастицы никеля, хлорид никеля, семена пшеницы. 4) Требования к продукту: получение зависимостей, показывающих влияние концентрации и размера промышленных нано- и микрочастиц никеля на их коллоидные свойства в среде прорастания семян и биометрические свойства проростков пшеницы.
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<p>1) провести литературный обзор по классификации, применению, получению и биологическим свойствам наночастиц никеля;</p> <p>2) охарактеризовать наночастицы, определив состав и морфологию с помощью рентгенофазового анализа, электронной микроскопии и метода низкотемпературной адсорбции азота;</p> <p>3) показать влияние концентрации наночастиц никеля на коллоидные свойства суспензий в среде прорастания семян с помощью метода лазерной дифракции;</p> <p>4) показать влияние размера наночастиц никеля на биометрические и физиологические свойства проростков пшеницы;</p> <p>5) сравнить концентрационное влияние нано-, микрочастиц и ионов никеля на биометрические и физиологические свойства проростков пшеницы.</p>
---	--

Перечень графического материала	Микрофотографии частиц и агрегатов, кривые распределения частиц по размерам; распределения частиц по размерам в среде прорастания; зависимости, описывающие влияние размера и концентрации наночастиц никеля на длину 2-х суточного корня, суммарную длину корня и побегов для каждого растения после пролонгированного эксперимента, энергию прорастания.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Раздел 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение	Кашук И. В.
Раздел 5. Социальная ответственность	Скачкова Л. А.
Приложение 1. Раздел на английском языке	Демьяненко Н. В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Разделы на русском языке: 1. Литературный обзор, 2. Материалы и методики, 3. Результаты и их обсуждение, 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, 5. Социальная ответственность.

Разделы на английском языке: Приложение 1. Materials and methods

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ92	Шептор А. С.		

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов

Уровень образования Магистр

Отделение школы Отделение материаловедения

Период выполнения _____ (осенний / 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:	05.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела	Максимальный балл раздела
30.03.2021	Литературный обзор	20
30.04.2021	Материалы и методики	20
30.05.2021	Результаты и их обсуждение	30
30.05.2021	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение	10
31.05.2021	Социальная ответственность	10
31.05.2021	Приложение на английском языке	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
директор НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии»	Хасанов О.Л.	профессор, д.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 106 страниц, 12 рисунков, 25 таблиц, 118 источников и 1 приложение.

Ключевые слова: наночастицы никеля, агрегация, электрический взрыв проводников, лазерная абляция, биометрические свойства проростков, пшеница, раствор Хьюитта.

Объектами исследования являются промышленные нано- и микрочастицы никеля.

Цель работы – оценка влияния концентрации никеля в разных формах на биометрические и физиологические свойства проростков пшеницы.

В работе показано влияние размера (9, 83 и 143 нм) и концентрации (3...1000 мг/л) наночастиц и ионов никеля на морфометрические (длину 2-суточного корня, энергию прорастания, степень стимулирования/подавления корня, суммарную длину 9-суточных побегов и корней) и физиологические (содержание в тканях ионов K^+ и NO_3^- и электропроводность) свойства проростков пшеницы сорта «Ирень», выращенных с добавлением наночастиц в среду прорастания (раствор Хьюитта). Установлено, что угнетение корнеобразования развивается при увеличении концентрации наночастиц, при переходе от наноразмерной формы к ионной и с уменьшением размера частиц в суспензиях с концентрацией более 30 мг/л.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики. В работе получены закономерности изменения морфометрических (длина корня 2-х суточных проростков, энергию прорастания семян, суммарную длину корня и побегов после пролонгированного эксперимента) и физиологические параметры (содержание в тканях ионов K^+ и NO_3^- и электропроводность) проростков пшеницы сорта «Ирень» (Томский район, Россия) в зависимости от концентрации нано- и микрочастиц, а также ионов никеля, добавленных в среду прорастания семян. Также показано изменение коллоидных свойств наночастиц в водных суспензиях.

Степень внедрения. Приготовлены суспензии наночастиц никеля с разными концентрациями, стимулирующие/подавляющие прорастания семян и развитие растения на ранней стадии. Результаты получены в рамках инициативного проекта «Оценка влияния промышленных нанопорошков металлов на морфометрические параметры высших растений», выполняемой сотрудниками ТПУ и ТГУ (доцент А.В. Куровский).

Область применения. Результаты могут использоваться для разработки рекомендаций по применению наночастиц никеля для стимулирования морфометрических параметров семян в сельском хозяйстве.

Экономическая эффективность/значимость работы. Стимулирование развития корневой системы пшеницы на ранней стадии развития высших растений при использовании водных суспензий наночастиц Ni при концентрации 30 мг/л с размером 9 нм, при концентрации 3...100...300 мг/л с размером 143 нм.

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

Используемые в работе сокращения:

НЧ – наночастицы;

ПЭМ – просвечивающая электронная микроскопия;

СЭМ – сканирующей электронной микроскопии;

БЭТ – метод Брунауэра-Эммета-Теллера;

L – длина корня проростка;

d_{cp} – средний размер частиц;

$\sum LR$ – суммарная длина корня;

$\sum LS$ – суммарная длина побега;

C_{K+} – содержание ионов калия;

C_{NO_3-} – содержание нитрат ионов;

ЕС – электропроводность;

GE – энергия прорастания семян.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
ГЛАВА 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	12
1.1 Нанопорошки металлов	12
1.1.1 <i>Определение и классификация наночастиц.....</i>	<i>12</i>
1.1.2 <i>Применение наночастиц никеля</i>	<i>13</i>
1.1.3 <i>Методы получения наночастиц никеля</i>	<i>13</i>
1.2 Биологическое действие никеля.....	15
1.2.1 <i>Токсическое действие никеля.....</i>	<i>15</i>
1.2.2 <i>Токсическое действие наночастиц никеля.....</i>	<i>16</i>
1.2.3 <i>Стимулирующее биологическое действие никеля</i>	<i>16</i>
1.2.4 <i>Стимулирующее биологическое действие наночастиц никеля.....</i>	<i>17</i>
1.3 Постановка задач исследования.....	20
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ	22
2.1. Объекты исследования.....	22
2.1.1 <i>Нано- и микрочастицы Ni</i>	<i>22</i>
2.1.2 <i>Раствор ионов Ni²⁺</i>	<i>23</i>
2.1.3 <i>Семена пшеницы.....</i>	<i>23</i>
2.2. Методы исследования нанопорошков.....	24
2.2.1 <i>Рентгенофазовый анализ</i>	<i>24</i>
2.2.2 <i>Электронная микроскопия</i>	<i>24</i>
2.2.3 <i>Метод низкотемпературная адсорбция азота (метод БЭТ)</i>	<i>25</i>
2.3. Исследование физико-химических свойств наночастиц.....	26
2.3.1 <i>Дисперсионная среда: питательный раствор Хьюитта</i>	<i>26</i>
2.3.2 <i>Исследование коллоидных свойств суспензий.....</i>	<i>26</i>
2.4. Исследование биологического действия наночастиц	27
2.4.1 <i>Приготовление суспензий и растворов.....</i>	<i>27</i>
2.4.2 <i>Определение биометрических параметров проростков</i>	<i>28</i>
2.4.3 <i>Определение физиологических параметров проростков.....</i>	<i>31</i>
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	33
3.1 Состав и морфология никелевых порошков	33
3.1.1 <i>Характеристика наночастиц никеля</i>	<i>33</i>

3.1.2	<i>Коллоидные свойства частиц в суспензиях.....</i>	34
3.2	Влияние наночастиц и ионов никеля на свойства проростков ...	35
3.2.1.	<i>Влияние концентрации наночастиц на морфологию проростка..</i>	35
3.2.2.	<i>Влияние концентрации ионов Ni²⁺ на морфологию проростка.....</i>	37
3.2.3.	<i>Влияние концентрации наночастиц и ионов Ni²⁺ на физиологические свойства проростков</i>	38
3.2.4.	<i>Влияние размера наночастиц на морфологию проростков.....</i>	40
3.3.	Выводы по главе.....	42
ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ,		
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСНАБЖЕНИЕ.....		
45		
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	45
4.1.1	<i>Анализ конкурентных технических решений</i>	45
4.1.2	<i>SWOT-анализ.....</i>	47
4.2	Планирование научно-исследовательских работ	50
4.2.1	<i>Структура работ в рамках научного исследования.....</i>	50
4.2.2	<i>Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения</i>	51
4.3	Бюджет научно-технического исследования	53
4.3.1	<i>Расчет материальных затрат научно-технического исследования.....</i>	54
4.3.2	<i>Расчет амортизации специального оборудования.....</i>	54
4.3.3	<i>Основная заработная плата исполнителей темы.....</i>	55
4.3.4	<i>Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....</i>	57
4.3.5	<i>Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)</i>	57
4.3.6	<i>Накладные расходы.....</i>	57
4.3.7	<i>Бюджетная стоимость НИР</i>	58
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	59
4.4.1	<i>Интегральный показатель финансовой эффективности.....</i>	59
4.4.2	<i>Интегральный показатель ресурсоэффективности.....</i>	60
4.4.3	<i>Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки</i>	60

1.4	Выводы по разделу	61
ГЛАВА 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ		65
5.1.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	65
5.2	Производственная безопасность	67
5.2.1	<i>Анализ опасных и вредных производственных факторов.....</i>	<i>69</i>
5.2.2	<i>Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных факторов на исследователя.....</i>	<i>77</i>
5.3	Экологическая безопасность	77
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	79
5.5	Выводы по разделу	80
6	СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ	82
7	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	83
ПРИЛЖЕНИЕ 1. РАЗДЕЛ НА АНЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ		97

ВВЕДЕНИЕ

Благодаря высокому спросу производство наночастиц постоянно растет, что увеличивает число источников выделения потенциально опасных наночастиц в окружающую среду [1]. Считается, что выделение наночастиц в атмосферу может привести к их накоплению в осадках, отложениях и грунтах и к активному взаимодействию с растениями [2].

Известно, что растения способны в больших количествах накапливать наночастицы [3], что определяет миграцию наночастиц по трофическим цепям в экосистемах с возможными неблагоприятными последствиями для животных и человека. В тоже время, существуют данные о возможности использования некоторых наноматериалов как стимуляторов роста и развития растений [4]. Противоречивые данные о биологическом действии наночастиц делает накопление экспериментальных данных о влиянии наночастиц на растения весьма актуальным.

Целью выпускной квалификационной работы является определение влияния концентрации и размера наночастиц никеля на биометрические и физиологические свойства проростков пшеницы.

ГЛАВА 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Нанопорошки металлов

1.1.1 Определение и классификация наночастиц

Нанопорошки являются разновидностью наноматериалов и в настоящее время производятся в наибольшем количестве промышленностью. Нанопорошок – это совокупность находящихся в соприкосновении индивидуальных твердых тел (наночастиц или их агрегатов) с размерами от 1 до 100 нм во всех трех измерениях [5]. Согласно терминологии ISO к термину «нанопорошки» относятся порошки, у которых не менее 50% частиц имеют размеры менее 100 нм [6].

Наночастицы (НЧ) – это изолированные твердофазные объекты, имеющие отчетливо выраженную границу с окружающей средой. Размеры НЧ в одном из трех измерений составляют 1 до 100 нм [7].

НЧ принято классифицировать по размерности на нульмерные (0D, квантовые точки, флуоресцентные точки [8]), одномерные (размерность обозначается 1D, нанопленки, нанопокрyтия [9]), двумерные (2D, нанотрубки [10], нановолокна, нанонити, капилляры) и трехмерные (3D, кристаллы [11]). Для определения размерности определяющим является размер по той оси, где он минимальный [12,13].

В зависимости от условий получения нанопорошки могут включать частицы разной формы: чашуйки, сферы, нити, иголки, фрагментарные частицы, пленки, капилляры, волокна и т.д. [14].

В данной работе мы будем рассматривать нано- и микрочастицы никеля (Ni), синтезу и свойствам которых уделено большое внимание в литературе [15-17]. На рис.1.1. приведены примеры НЧ Ni, синтезированных разными авторами.

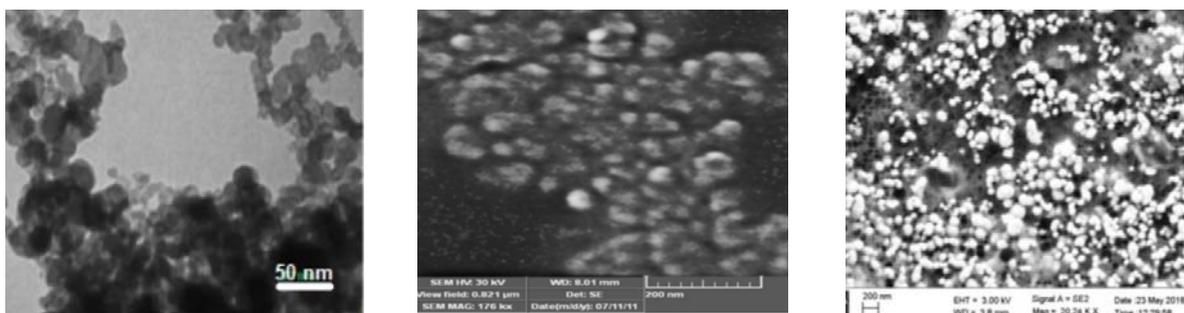


Рисунок 1.1. Микрофотографии НЧ Ni: слева направо: НЧ Ni [18], NiO [19] и Ni-Bi [20].

1.1.2 Применение наночастиц никеля

К отличительным свойствам Ni относят высокую электрокаталитическую активность и хорошую способность окислять поверхность [21], повышение линейных и нелинейных оптических параметров [22], НЧ Ni обладают превосходными магнитными свойствами и способностью переносить электроны на другие металлы [23].

Применение Ni является привлекательным в области электрохромных устройств для управления освещением [24], газовых датчиков [25], эффективности солнечных батарей [26].

Материалы на основе Ni также используются и в биоэлектрохимических системах, в частности в микробных электролизерах для выделения водорода [27].

1.1.3 Методы получения наночастиц никеля

Промышленное производство и применение нанопорошков стремительно растет с каждым годом [28]. От всего объема производства металлических частиц нанопорошки Ni занимают лидирующую позицию [29], а прирост производства ежегодно составляет до 50%. На мировой рынок порошки НЧ Ni поставляются различными компаниями, включая US Research Nanomaterials (США) [30], CVMR Corporation (Канада) [31], NaBond (Китай) [32], Hunter Chemical LLC (США) [33]. В России Ni нанопорошки производят компании Плазмотерм (г. Москва) [34], Передовые порошковые технологии (г.

Томск) [35], а также различными лабораториями университетов в небольших количествах в исследовательских целях.

В настоящее время практикуется более 20 способов производства НЧ Ni [36]. Наиболее распространены газофазный синтез [37] использование низкотемпературной плазмы [38,39], электрический взрыв проводников [40,41], механическое или ультразвуковое диспергирование [42]. Наиболее известные из химических методов получения НЧ являются синтез частиц в реакциях восстановления в газовой или конденсированной фазе [43], криохимический метод [44]), термическое разложение [45], электрохимический метод [46] и золь-гель [47].

Электрический взрыв проводников. Взрыв электрического провода был успешным методом для производства многих наноразмерных металлов в том числе и Ni [48].

Взрыв проводника осуществляется за счет прохождения импульса тока с большой плотностью – проволока разрушается на частицы и пар. Продукты разрыва разлетаются с большой скоростью, охлаждаются находясь в аморфном состоянии (взаимодействия со средой образуют дополнительные химические соединения) [49,50].

К основным преимуществам метода электрического взрыва проводников относят получение частиц с высокой физико-химической активностью, низкую энергозатратность и возможность управления свойствами порошков.

Импульсная лазерная абляция. Среди существующих методик особое место занимает физический метод получения НЧ – импульсная лазерная абляция в жидкости, который является быстрым, достаточно недорогим, простым в аппаратном оформлении, не требует применения сложных и дорогостоящих химических реагентов, а также позволяет контролировать параметры процесса, влияющие на состав и структуру получаемого продукта [51].

Импульсная лазерная абляция представляет собой взрывное испарение материала мишени под действием импульсного лазерного излучения, которое приводит к распылению материала в жидкой среде в виде ионов, кластеров и мелких частиц [52].

Основными преимуществами метода импульсной лазерной абляции являются получение НЧ в виде стабильных дисперсий с достаточно чистым химическим составом и возможность дозировки подачи материала.

1.2 Биологическое действие никеля

1.2.1 Токсическое действие никеля

Чрезмерная концентрация Ni также влияет на структурную и анатомическую динамику растений. Было показано, что высокие концентрации Ni снижают вегетативный рост, такие как высота растений и производство биомассы в некоторых сельскохозяйственных культурах [53]. Группа исследователей [54] показали, что Ni стресс оказывает пагубное влияние на структуру листьев и толщину клеток. Нарушение функциональности мембраны и ионный баланс в цитоплазме являются основными последствиями токсичности Ni для растений [55].

Также известно, что стресс Ni нарушает осмос и диффузию [56] и обнаружено, что потенциал воды в листьях, проводимость в устье, скорость транспирации и содержание влаги были снижены при стрессе Ni

Несмотря на то, что Ni является канцерогенным металлом, есть данные об участии Ni в регуляции активности нитратредуктазы в растительных клетках, тканях и органах [57]. В состав уреазы высших растений Ni входит как функциональный компонент активного центра [58]. Функционирование этого фермента регулирует метаболизм мочевины и обеспечивает протекание многих важных физиологических процессов, в том числе, стадий физиологического пробуждения и прорастания семян, включая процессы первичного корнеобразования.

1.2.2 Токсическое действие наночастиц никеля

Тяжелые металлы представляют сильную экологическую опасность, поэтому оценке риска и способам уменьшения биологической токсичности никеля уделяют большое внимание, в том числе и в его наноразмерной форме. В силу малого размера и высокой реакционной и адсорбционной способности, НЧ или продукты их деградации посредством эндоцитоза, диффузии в порах, с белками или через плазмалемму могут проникать внутрь растительных клеток [59], накапливаться в больших количествах [60] и оказывать губительное действие на их жизнедеятельность [61].

В ряде исследований было показано токсическое действие НЧ Ni, которое проявляется в торможении роста, разрушении клеток и тд. Например, в работе [62] были выявлены неблагоприятные последствия использования НЧ NiO на микроводоросли *Chlorella vulgaris*. С помощью анализа ингибирования роста водорослей, физиологических и морфологических наблюдений ученые показали, что НЧ NiO оказывают неблагоприятное воздействие на рост клеток водорослей. В то же время живые водоросли обладают способностью ускорять агрегацию НЧ, а также восстанавливать НЧ NiO до Ni с нулевой валентностью. НЧ Ni сферической формы с размером 20 нм снижали рост корня кориандра *Coriandrum Sativum* L. По сравнению с контрольным вариантом, а также повышали содержание хлорофилла в клетках. Результаты настоящего исследования доказывают, что по мере увеличения концентрации НЧ Ni рост растения уменьшается, тем самым оказывая токсическое действие [63].

Негативное влияние НЧ Ni проявляется в изменении функционирования фотосинтеза, минерального питания [64]. Рассматривая его влияние на фотосинтез, было сообщено, что Ni ингибирует синтез фотосинтетических ферментов [65].

1.2.3 Стимулирующее биологическое действие никеля

Возможным механизмом улучшения роста и развития растений может быть участие Ni, которое необходимо для оптимального функционирования

таких ферментов, как метаболизм уреазы и гидрогеназы [66]. До недавнего времени уреазу считали единственным ферментом, содержащим Ni в качестве необходимого компонента [67]. Однако в настоящее время подтверждено, что существует ряд других ферментов, содержащих Ni, таких как гидрогеназа, монооксид углерода-дегидрогеназа, пептид-деформилаза, ацетил-S-кофермент А-синтаза, метилкофермент М-редуктаза и Ni-содержащая супероксиддисмутаза (NiSOD) [68]. Доступность Ni для правильного функционирования этих ферментов является критерием правильного роста и развития растений. Следовательно, применение Ni заметно увеличивало накопление биомассы, выращенной при достаточном запасе мочевины, однако его недостаток значительно снижал активность уреазы как в листьях, так и в корнях растений [69].

1.2.4 Стимулирующее биологическое действие наночастиц никеля

Приводятся данные о том, что корень проростка пшеницы *Triticum vulgare* L. уменьшается в 2,5...4,8 раза и 1,8...2,2 раз при воздействии 0,025...0,1 М суспензий НЧ Ni (средний размер 57 нм) и NiO (68 нм), соответственно. При этом, в 0,1 М суспензиях НЧ NiO происходила стимуляция роста корня на 7% [70]. НЧ Ni (5 нм) в концентрациях 0,01 и 0,1 мг/л не изменяли или стимулировали ростовые процессы пшеницы *Triticum aestivum* L., а при концентрации более 1 мг/л НЧ Ni угнетали рост корней и надземной части [71]. НЧ NiFe₂O₄ (12,5 ± 0,5 нм) в концентрации 1000 мг/л вызывали 37% подавление роста листа ячменя *Hordeum vulgare* L. по сравнению с контролем и на 43% - подавление роста корня [72]. Внесение 54 нм НЧ NiO в почву вызвало многократное увеличение концентрации Ni как в тканях корня, так и в побегах [73]. Авторы предполагают, что Ni преимущественно накапливается в тканях корня и образует механизм токсического действия. Таким образом, следует признать, что современные данные о влиянии НЧ Ni на высшие растения очень неоднозначны.

Таблица 1.1. Влияние НЧ на корнеобразование растений

НЧ	Растение	Условия эксперимента	Основной результат	Ссылка
Ni 5 нм	Амарант багряный <i>Amaranthm cruentus</i> L., сорт Чергинский.	Семена замачивали в суспензиях 12 ч. Опрыскивание и полив растений суспензиями проводились 5 раз за вегетационный период. [Ni]=5 мг/л	Слабое ингибирующее влияние НЧ Ni, которое выражалось в уменьшении высоты побегов.	[74]
NiO 10- 20 нм	Пекинская капуста (<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>Pekinensis</i> var. Seoul	Инкубировали 15 дней в культуральной емкости с фильтровальной бумагой, смоченной 3-5 мл суспензией [NiO]=50, 250 и 500 мг/л. Температура 25 °С, фотопериод 16/8 ч.	Уменьшение длины побегов и корней с увеличением концентрации НЧ, а также снижение хлорофилла и каротиноидов.	[75]
Ni 57 нм NiO 68 нм	Пшеница (<i>Triticum vulgare</i> L.)	Инкубировали в чашках Петри на фильтровальной бумаге. На 3 сутки вносили по 5 мл суспензии НЧ [Ni]=0,0125...1,0 М. Образцы оставляли в климатической камере, 12 ч, 22±1 °С, влажность 80±5 %, 3 сут, не допуская высыхания.	Корень уменьшается в 2,5-4,8 раза и 1,8...2,2 при воздействии 0,025...0,1 М суспензий НЧ NiO и NiO, в 0,1 М NiO стимуляция роста корня на 7,0 %.	[76]
Ni 5 нм	Мягкой яровая пшеница (<i>Triticum aestivum</i> L.) сорта Новосибирская 29	10-суточное выращивание пшеницы на дисперсионной среде [Ni]=0,01...10 мг/л	НЧ в концентрациях 0,01 и 0,1 мг/л не изменяли или стимулировали, а при концентрации более 1 мг/л угнетали рост корней и надземной части.	[77]
NiF e ₂ O ₄ 12,5 нм	Ячмень <i>Hordeum vulgare</i> L.	Семена инкубировали в чашках Петри при 30°С пока длина корней 65% контрольных растений достигнет 0,5 см. Затем проростки переносили в гидропонные сосуды с питательной средой, после трехдневной адаптации вносили НЧ [НЧ]=125, 250, 500 и 1000 мг / л. pH=6,7.	В концентрации 1000 мг/л вызывали 37% подавление роста листа ячменя <i>Hordeum vulgare</i> L. по сравнению с контролем и на 43% - подавление роста корня.	[78]
NiO 54 нм	Семена пшеницы <i>Triticum aestivum</i> L.	Стерилизованные семена выращивали в горшках, содержащих искусственную почву с 5% органического вещества и pH=6, [NiO]=60...480 мг/кг почвы.	Внесение НЧ NiO в почву вызвало многократное увеличение концентрации Ni как в тканях корня, так и в побегах.	[79]

Таким образом, литературный обзор показал, что влияние НЧ Ni на корнеобразование растений зависит от физико-химических их свойств, способа получения, размеров, структуры НЧ, так и от особенностей биологических объектов, в том числе видов растений. Токсичность НЧ Ni выражается в подавлении роста корня и стебля, снижении уровня необходимого хлорофилла, уменьшение объема массы, на работу функциональных центров клеток растений. Также показано и стимулирующее действие НЧ Ni при низких концентрациях (увеличение корнеобразования).

1.3 Постановка задач исследования

Литературный обзор показал, что объемы НЧ Ni растут, и создается все больше источников его выделения. Концентрации НЧ, выделяемых в почвы, будут увеличиваться, что, вероятно, может привести к активному взаимодействию с растениями. Металлы, попадая в почву, могут связываться самыми различными путями.

Поглощение НЧ клетками растений, отвечающими за фотосинтез, способного приводить к уменьшению поступления света и нарушению газообмена, следовательно, подавлять ход фотосинтеза и влиять на процессы дыхания растений, но есть данные и об участии Ni в регуляции активности нитратредуктазы в растительных клетках, тканях и органах. Этот фермент является важным и регулирует процессы первичного корнеобразования.

Несмотря на опубликованные работы по исследованию токсичности НЧ, до сих пор недостаточно данных для построения зависимостей «доза-эффект» и «размер-эффект». Это может быть связано как с большим разнообразием частиц, так и с непониманием влияния концентрации НЧ на размерные характеристики суспензий, которые они образуют в водных средах, что особенно характерно для водорастворимых металлических НЧ.

Целью выпускной квалификационной работы является оценка влияния концентрации Ni в разных формах на биометрические и физиологические свойства проростков пшеницы.

Для достижения поставленной цели в работе поставлены следующие задачи для выполнения эксперимента:

1. провести литературный обзор по классификации, применению, получению и биологическим свойствам НЧ Ni;
2. охарактеризовать НЧ, определив состав и морфологию с помощью рентгенофазового анализа, электронной микроскопии и метода низкотемпературной адсорбции азота;

3. показать влияние концентрации НЧ Ni на коллоидные свойства суспензий в среде прорастания семян с помощью метода лазерной дифракции;
4. показать влияние размера НЧ Ni на биометрические и физиологические свойства проростков пшеницы;
5. сравнить концентрационное влияние нано-, микрочастиц и ионов Ni на биометрические и физиологические свойства проростков пшеницы.

ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ

2.1. Объекты исследования

2.1.1. Нано- и микрочастицы Ni

В работе мы использовали два вида частиц Ni с обозначением Ni-9, Ni-83, Ni-143, полученные методами, описанными ниже.

НЧ Ni-9 синтезированы в виде водной суспензии с концентрацией по никелю 250 мг/л в лаборатории перспективных исследований Томского государственного университета методом лазерной абляции импульсной лазерной абляцией мишени металлического никеля в дистиллированной воде в течение 1,5 ч. Мишень Ni (чистотой 99,5%) представляла собой параллелепипед размером 40×10×5 мм. Излучение Nd:YAG лазера LS-2131M-20, LOTIS ТП ($\lambda_{ген}=1064$ нм, $t_{имп}=7$ нс, $E_{имп}=150$ мДж, $f=20$ Гц) фокусировалось короткофокусной линзой $F=50$ мм на поверхность мишени через боковую стенку стеклянного цилиндрического реактора со 100 мл воды. Импульсная плотность мощности излучения на поверхности мишени достигала $W=500$ МВт/см². В процессе синтеза мишень перемещалась при помощи двухкоординатного линейного транслятора в плоскости XY, ортогональной лазерному лучу. Схема установки и методика эксперимента подробно приведены в [80-82].

НЧ Ni-83 были получены с помощью электрического взрыва металлической никелевой проволоки в среде аргона [83] в ООО «Передовые порошковые технологии» (г. Томск, Россия) при избыточном давлении $1,52 \cdot 10^5$ Па, зарядном напряжении емкостного накопителя 24 кВ (диаметр проводника 0,3 мм, длина 75 мм). Согласно данным производителя, нанопорошок содержит не менее 99,8% (по массе) металлического Ni среднеарифметический размер частиц – 70-80 нм, удельная поверхность – 4,5-6,0 м²/г. Для стабилизации нанопорошков на частицы наносили оксидную пленку малыми порциями воздуха.

Ультрадисперсный порошок Ni (Ni-143) был получен методом пиролиза аэрозолей на кафедре функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСиС (г.Москва). В роли исходного материала для получения наноструктурированных микросфер NiO выступал 10% раствор Ni(NO₃)₂, полученный из гексогидрата нитрата Ni (Ni(NO₃)₂·6(H₂O), марки «ч»). В стакане с раствором соли с помощью погружных ультразвуковых генераторов высокой частоты (1,7-2,2 МГц) генерировали дисперсный аэрозоль, который насосом нагнетался в печь для разложения при 1100°C (нагрев с шагом 50°C/ч) до образования NiO. После чего оксид восстанавливали в токе водорода при температуре 250°C со временем выдержки 2 ч. Для нейтрализации коррозионных газов (NO₂) использовали воду, а остатки газов вытягивали дальше насосами.

2.1.2. Раствор ионов Ni²⁺

Для выявления специфических эффектов НЧ Ni их воздействие на биологический объект сравнивали с воздействием ионов Ni, приготовленного из шестиводного хлорида Ni (NiCl₂·6H₂O, х.ч., ГОСТ 4038-79) и дистиллированной воды (pH=6,11±0,2, проводимость 0,2 мкС, Аквадистиллятор ДЭ-4 ТЗМОИ, Тюмень Медико, Россия).

2.1.3. Семена пшеницы

В качестве тест-объекта использовали семена пшеницы яровой сорта Ирень (*Triticum aestivum* L.). Раннеспелый и урожайный сорт с вегетационным периодом 70-80 дней, масса 1000 зерен составляла 32-40 г. Данный сорт использовался ранее как модель в экспериментах по оценке корнеобразования на стадии прорастания семян [84]. В экспериментах использовали семена пшеницы сорта Ирень урожая 2017 года, предоставленные агрофирмой «ИП Орищенко» (Томский район, Россия). Семена хранили в продуваемых воздухом емкостях при 25±0.5°C при влажности 30-45%.

2.2. Методы исследования нанопорошков

2.2.1. Рентгенофазовый анализ

Для определения фазового состава использовали метод рентгенофазового анализа (РФА). В основе РФА лежит физическое явление – дифракция. В данном случае под дифракцией понимается явление сильного рассеяния волн на периодической решётке рассеивателя при определенных углах падения и длинах волн. Простейший случай такого явления возникает при рассеянии света на дифракционной решётке. Аналогичное явление наблюдается при рассеянии рентгеновского излучения, используемого в рентгенофазовом анализе, в котором в качестве рассеивателя выступает кристаллическая решетка фазы [85]. Для выполнения качественного и количественного фазового анализа используется современная рентгеновская аппаратура – рентгеновские дифрактометры, что позволяет проводить анализ быстро и с большой точностью.

Фазовый анализ исследуемых образцов определяли на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD – 7000S (Япония) в Нано-Центре ТПУ, г. Томск. Основные параметры съемки: $\text{CuK}\beta$ – излучение; величина высокого напряжения 40 кВ, ток через трубку 30 мА; тип счетчика; скорость движения счетчика 1,5 град/мин; интервал между штрихами отсчетчика 1 град; размеры вертикальных щелей у трубки и счетчика 0,15 мм; анализ проводился в интервале 10-120 град.

2.2.2. Электронная микроскопия

Морфологию частиц исследовали с помощью методов сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии (СЭМ и ПЭМ).

Метод СЭМ, основанный на взаимодействии электронного пучка с исследуемым объектом [86], в результате возникающее излучение регистрируется и преобразовывается в электрические сигналы, реализовывали с помощью электронного сканирующего микроскопа Merlin (Carl Zeiss, Германия) в НОИЦ «Нанотехнологии и наноматериалы» Тамбовского

государственного университета имени Г.Р. Державина (г. Тамбов). Перед съемкой на порошок, нанесенный тонким слоем на проводящий скотч, напыляли пленку углерода; съемку проводили при ускоряющем напряжении 0,1...20 кВ.

ПЭМ-изображения получены на просвечивающем электронном микроскопе JEM-1400 (Jeol, Япония, НОИЦ «Нанотехнологии и наноматериалы» Томского политехнического университета, г.Томск), имеющем разрешение – 0,24 нм, максимальное ускоряющее напряжение 200 кВ. Все измерения проводились при ускоряющем напряжении 120 кВ.

Полученные ПЭМ и СЭМ изображения обрабатывали методом палетки, измеряя размер не менее 100 частиц, по которым строили распределение частиц по размерам для дальнейшего определения диапазона распределения и среднеарифметического размера частиц. Результатом анализа полученных снимков являлась кривая распределения частиц по размерам. Численное распределение частиц использовали для расчета среднего размера частиц (d_{cp}) по формуле (2.1):

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

где, d – размер частиц в дисперсии, q – процентное содержание частиц с размером d .

2.2.3. Метод низкотемпературная адсорбция азота (метод БЭТ)

Наиболее часто используемый метод определения удельной поверхности порошковых материалов — метод БЭТ (Брунауэра–Эммета–Теллера), в основе которого лежит измерение количества адсорбируемого газа (например, жидкого азота, 77 К) поверхностью частиц.

Удельную поверхность исследуемых порошков определяли с помощью БЭТ-анализатора: анализатор удельной поверхности и пористости динамического типа; станция термотренировки образцов «Sorbi»; «SorbiPrep» МЭТА (Россия) в Нано-Центре ТПУ, г. Томск. Ошибка измерения составляла

0,02 м²/г. Измерение проводилось два раза. Расчет среднеповерхностного размера частиц проводили по формуле (2.2):

$$d = \frac{6}{\rho \cdot S_{уд}}, \quad (2.2)$$

где d – среднеповерхностный диаметр, м; ρ – плотность материала; $S_{уд}$ – площадь удельной поверхности порошков, м²/кг.

2.3. Исследование физико-химических свойств наночастиц

2.3.1. Дисперсионная среда: питательный раствор Хьюитта

Основной для приготовления суспензий НЧ и растворов являлся питательный раствор Хьюитта с суммарной концентрацией макроэлементов 18 мг-экв/л, который является универсальным и общепризнанным питательным раствором для гидропонных систем и проведения физиологических экспериментов на растениях в условиях водной культуры (табл.2.1, [87]). Данный раствор использовался как контрольный вариант среды прорастания семян. Раствор готовился на основе дистиллированной воды (рН=6,11±0,2, проводимость 0,2 мкС, Аквадистиллятор ДЭ-4 ТЗМОИ, Тюмень Медико, Россия)

Таблица 2.1. Состав питательного раствора Хьюитта

Макрокомпоненты раствора	Концентрация, мг-экв/л	Микрокомпоненты раствора	Концентрация, моль/л
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	8	CuSO ₄ ·5H ₂ O	~ 10 ⁻⁶
KH ₂ PO ₄	2	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	~ 10 ⁻⁶
K ₂ HPO ₄ ·3H ₂ O	2	(NH ₄) ₂ MoO ₄	~ 10 ⁻⁶
KNO ₃	2	MnSO ₄	~ 10 ⁻⁵
MgSO ₄ ·7H ₂ O	3	H ₃ BO ₃	5·10 ⁻⁵
NH ₄ NO ₃	1	Хелат Fe	5·10 ⁻⁵

2.3.2. Исследование коллоидных свойств суспензий

Дисперсионный анализ суспензий проводили методом лазерной дифракции на дифракционном анализаторе размеров частиц SALD-7101

(Shimadzu, Япония). В основе анализа дисперсных систем твердых частиц в жидкой среде методом лазерной дифракции лежит явление рассеяния света твердотельной или жидкой частицей, наблюдаемое при освещении их лазерным излучением.

При проведении анализа брали навеску порошка и готовили суспензию на основе раствора Хьюитта. Суспензию выливали в ванну смесителя. Из смесителя суспензия НЧ поставлялась в проточную измерительную ячейку. Измерение агрегативной устойчивости проводили в 3 повторности. Результатом измерения являлась кривая распределения частиц по размерам. Численное распределение частиц использовали для расчета среднего размера частиц ($d_{ср}$) по формуле (2.1).

Электрокинетические (ζ -потенциал) свойства наночастиц исследовали с помощью метода динамического рассеяния света в режиме измерения электрофоретической подвижности частиц, оценивая скорость направленного движения частиц в электрическом поле. Измерения проводили с помощью анализатора частиц Zetasizer Nano (Malvern, США) при 25° С. Прибор оснащен He-Ne-лазером мощностью 4 мВт с длиной волны 633 нм. Измерения проводили в углу обнаружения 173°, позиции в кювете автоматически определялись программным обеспечением. Для измерений 1 мл суспензии помещали в U-образную капиллярную кювету (определение ζ -потенциала) или многоразовую кювету (определение размеров). Измерения проводили не менее трех раз.

2.4. Исследование биологического действия наночастиц

Перед исследованием лабораторную посуду (чашки Петри, стеклянные стаканы, ножницы) стерилизовали в течение 24 ч в 2% HNO₃ и промывались не менее трех раз в проточной воде.

2.4.1. Приготовление суспензий и растворов

Концентрация Ni в суспензиях и растворах в первом эксперименте составляла 30...1000 мг/л (*Эксперимент №1*), во втором 3...300 мг/л

(Эксперимент №2). При приготовлении суспензий в концентрации 30...1000 мг/л взвешивали навеску частиц на электронных весах ALC-110d4 (Acculab, Россия, точность $\pm 0,0001$ г) в пластиковой емкости объемом 50 мл с последующим добавлением раствора Хьюитта. В экспериментах с низкими концентрациями Ni (3...250 мг/л) использовали метод последовательного разведения (из растворов и суспензий с начальной концентрацией 250 мг/л). Все суспензии частиц, контроль и растворы ионов обрабатывали в ультразвуковой ванне ГРАД 28-35 (Grade Technology, Россия, 55 Вт) в течение 30 мин при $25 \pm 2^\circ\text{C}$.

2.4.2. Определение биометрических параметров проростков

В экспериментах изучали такие биометрические свойства, как длина корня 2-х суточных проростков (L, см), энергию прорастания семян (GE, %), суммарную длину корня и побегов для каждого растения после пролонгированного эксперимента $\sum LR$ и $\sum LS$, соответственно, см). Кроме того, оценивали физиологические параметры побегов: содержание ионов K^+ и NO_3^- в экстрактах тканей (C_{K^+} , $C_{NO_3^-}$), соответственно, мг-экв/л) и электропроводность (EC , $\mu S \cdot cm^{-1}$).

Определение длины 2-х суточного корня проростка и степени подавления. В стеклянные чашки Петри диаметром 90 мм закладывали по 25 семян пшеницы на фильтровальную бумагу, которую смачивали 7 мл среды прорастания (рис.2.1а). Закрытые крышками чашки Петри заворачивали в пищевую пленку, помещали в суховоздушный термостат и инкубировали в течение 48 ч при $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$. По окончании экспозиции проростки извлекали из чашек Петри, раскладывали на темном текстильном материале (рис.2.1б), слегка смоченном водой, и фотографировали для последующей компьютерной морфометрии в программе ImageJ (рис.2.1в). Погрешность данного варианта измерений посредством компьютерной морфометрии не превышает 2%. Для калибровки изображений использовалась линейка точностью 0,5 мм. В

научных исследованиях ImageJ широко используется для компьютерной морфометрии в области физиологии и экотоксикологии растений [88-90].

Результатом измерения являлось среднее значение длины корня 2-х суточных проростков (L, мм).

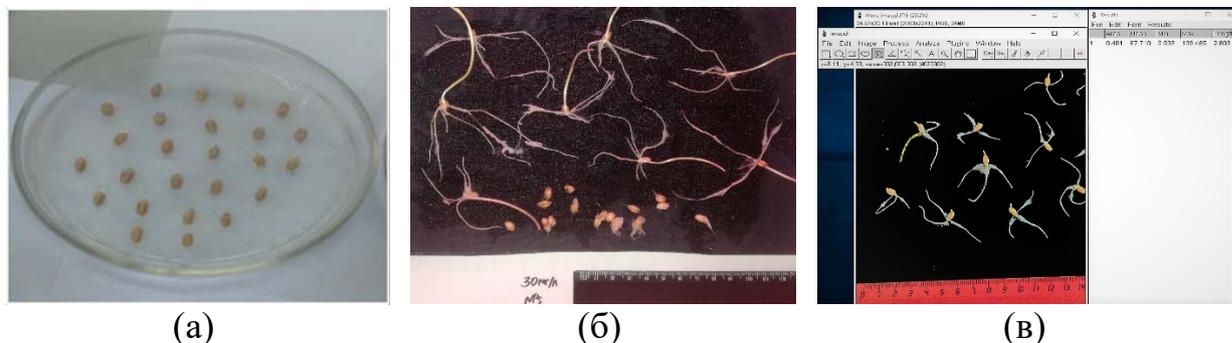


Рисунок 2.1. Семена, выложенные для проращивания (а), проросшие семена для фотографии (б) и интерфейс программы ImageJ с анализируемым изображением (в).

Модифицированный метод определения энергии прорастания семян пшеницы. За основу методики был взят ГОСТ 12038-84 [91]. Однако, в соответствии с требованиями быстроты, точности и стандартизации экспериментов, проводимых в научных целях, нами были внесены следующие изменения:

- 1) семена пшеницы проращивали не в растильнях, а в чашках Петри;
- 2) в чашку Петри выкладывали по 25 семян, а не 100 (как по ГОСТу);
- 3) семена выкладывались на один слой фильтровальной бумаги, смоченной 7-ю мл среды проращивания;
- 4) температура проращивания обеспечивалась нахождением чашек Петри в суховоздушном термостате и поддерживалась на уровне $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$;
- 5) исходя из пункта 4, время для определения энергии прорастания сократилось на 24 ч и составило 48 ч (вместо 72 ч по ГОСТу).

По окончании 2-х суточного проращивания семян определяли энергию прорастания, как отношение проросших и непроросших семян в %. Согласно ГОСТу 12038-84 к числу нормально проросших относили семена, имеющие не менее двух нормально развитых корешков размером более длины семени.

Определение длины корня и побега после пролонгированного действия.

По окончании двухсуточной экспозиции из каждой чашки Петри отбирали по 10 близких по размеру проростков. Далее проростки помещали в специальные вегетационные сосуды (рис.2.2а и 2.2б), состоящие из 2-х частей: внешнего стакана и внутреннего стакана меньшего размера с 10-ю отверстиями по периметру на дне.

Далее в эксперименте часть образцов выращивали в стакане, заполненном раствором Хьюитта, а другую часть – в стакане, заполненном 2 дистиллированной водой с добавлением НЧ. Отверстия во внутреннем стакане по периметру были заполнены раствором, но дно внутреннего стакана оставалось сухим. Между отверстиями поочередно выкладывали проростки пшеницы. Подготовленные вегетационные сосуды накрывали крышками и устанавливали в малогабаритную открытую, частично гомеостатируемую фитокамеру. Малогабаритная фитокамера представляла собой металлическую площадку на лабораторном столе площадью 1 м², по периметру которой были установлены шесть эбонитовых светильников со светодиодными лампами. Каждая лампа имела мощность 15 Вт, что соответствует мощности лампы накаливания 135 Вт. Световой поток одной лампы – 1350 лм. Таким образом общий световой поток установки составлял 8100 лм. Цветовая температура ламп – 3000 К. Светоустановка была снабжена механическим таймером, обеспечивающим постоянство режима день/ночь – 16ч/8 ч. Температура в помещении с установленной фотокамерой поддерживалась в пределах 20-22°С посредством регулирования системы климат-контроля. Через двое суток убирали крышки и наращивали длину сосуда с помощью опорных колпаков (рис.2.2б). Опорный колпак — это длинный пластиковый стакан без доньшка, который надевается на вегетационный сосуд и служит опорой для проростков пшеницы предотвращая распад пучка проросших побегов пшеницы.

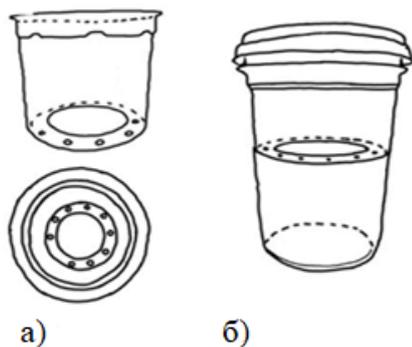


Рисунок 2.2. Схема вегетационного сосуда для гидропонного культивирования проростков: а) – вегетационных сосудов с опорными колпаками; б) сосуд в сборе.

Таким образом, время культивирования семян до формирования проростков в чашках Петри составило 2 суток, последующее культивирование проростков в фитокамере – 7 суток и суммарное время культивирования от замачивания семян до забора растительной биомассы на анализ составляло – 9 суток. В качестве результата 9-ти суточного эксперимента мы получали величины $\sum L_R$ и $\sum L_S$ (обозначения введены выше), рассчитываемые по формулам (2.3):

$$\sum L_R, \sum L_S = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_n}{n}, \quad (2.3)$$

где $L_1 \dots L_n$ – длины каждого отдельного корня или каждого элемента побега (с учетом разветвлений), n – общее количество отдельных корней или элементов побега, соответственно.

2.4.3. Определение физиологических параметров проростков

Для определения физиологических параметров необходимо было приготовить водные экстракты из корней и побегов.

После 9-ти суточного культивирования проростков отделяли корни и побеги, высушивали в сушильном шкафу при 105°C в течение 12 ч и использовали для приготовления водных экстрактов. Навеску ($\sim 0,5\text{ г}$) растирали пестиком в фарфоровой ступке и разводили в 200 раз (по сухой

массе) дистиллированной водой. Далее переливали в бутылки из темного стекла, закрывали крышкой, встряхивали в течение 1 ч на шейкере при 150 об/мин и оставляли в помещении при комнатной температуре для экстракции. Спустя сутки в экстрактах определяли статус минерального питания проростков пшеницы путем измерения электропроводности вытяжек и содержания в тканях ионов K^+ и NO_3^- .

Концентрация ионов K^+ и NO_3^- и величину pH в водных экстрактах определяли потенциометрическим методом [92]. Измерения проводили с помощью ионометра ИПЛ-103 (Мультитест, Россия), снабженного ионоселективными электродами ЭЛИС-121К (для измерения активности K^+) или ЭЛИС-121NO3 (для NO_3^-), электродом сравнения ЭВЛ-1 М3.1 и стеклянным электродом ЭСЛ-43-07 для измерения pH (все электроды произведены в НПП «Семико», Россия). Пределом обнаружения ионов K^+ и NO_3^- составлял 10^{-5} и 10^{-4} моль/л, соответственно. Электропроводность измеряли с помощью портативного кондуктометра Dist-3 (HANNA Instruments, США). Относительная ошибка измерений не превышала 2%.

Все эксперименты были проведены не менее, чем в трех повторностях, исходя из минимальных требований к объёму выборок, анализируемых методами параметрической статистики. Анализ на нормальность всех исследуемых выборок, проведенный по модифицированному критерию Шапиро-Уилка [93], не противоречил применению параметрических критериев статистики. Статистическая обработка включала в себя вычисление средних арифметических, стандартных ошибок средних арифметических, 95% доверительных интервалов для среднего арифметического, и однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Влияние фактора считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Все указанные статистические процедуры проводились в табличном редакторе Microsoft Excel 2016.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ92	Шептор Анна Сергеевна

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

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику 22.02.2021

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук	Кашук И.В.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ92	Шептор А.С.		

ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСНАБЖЕНИЕ

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.

Настоящая работа направлена на получение зависимостей, показывающих влияние концентрации и размера промышленных нано- и микрочастиц никеля на их дисперсионные свойства в растворах электролитов, а также их влияние на биометрические свойства проростков пшеницы.

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

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие разработки о частицах разного состава, размера и концентрации:

- 1) Электровзрывной порошок наночастиц никеля
- 2) Ультрадисперсный порошок наночастиц никеля

Детальный анализ необходим, т.к. разный размер частиц 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.

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}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
2. Контролируемая доставка	0,14	5	2	3	0,7	0,28	0,42
3. Минимальный объем	0,18	4	3	3	0,72	0,54	0,54
4. Реакционная способность	0,14	4	4	3	0,56	0,56	0,42
5. Простота применения	0,05	3	5	4	0,15	0,25	0,2
6. Эффективность работы	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
7. Безопасность	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена сырья	0,12	4	5	3	0,48	0,6	0,36
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
Итого	1	43	38	37	4,32	3,6	3,47

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

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

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

4.1.2 SWOT-анализ

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

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-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Низкая цена исходного сырья.	Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.
С2. Высокая реакционная способность, контролируемая доставка	Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.
С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.	Сл3. Высокие требования к экспериментальному оборудованию.
С4. Экологичность технологии.	Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.
С5. Квалифицированный персонал.	Сл5. Вероятность получения брака.
Возможности	Угрозы
В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ, МИСиС и ТГУ	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Внедрение технологии в сельскохозяйственные области.	
В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	

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		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	-	+	+	-	-
	B3	-	+	-	+	-
	B4	+	+	-	-	-

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

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

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

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	+	-	-	-
	У2	-	+	-	-	-

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

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

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Низкая цена исходного сырья. С2. Высокая реакционная способность, контролируемая доставка. С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта. С4. Экологичность технологии С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований. Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования. Сл3. Высокие требования к экспериментальному оборудованию. Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности. Сл5. Вероятность получения брака.</p>
<p>Возможности В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ, МИСиС и ТГУ. В2. Появление потенциального спроса на новые разработки. В3. Внедрение технологии в сельскохозяйственной области. В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.</p>	<p>Направления развития В2С2С3. Высокая реакционная способность и контролируемая доставка продукции позволяет расширить спрос, использование новейшей информации и технологий соответствует потенциальному спросу на новые разработки. В3С2С4. Высокая реакционная способность, контролируемая доставка продукции и экологичность технологии являются хорошим основанием для внедрения технологии в аэрокосмической области. В4С1С2. Низкая цена исходного сырья, высокая реакционная способность и контролируемая доставка продукции являются основой для экспорта за рубеж и выхода на мировой рынок.</p>	<p>Сдерживающие факторы В1Сл3Сл4Сл5. Использование новейшего оборудования для удовлетворения требований исследований, также может уменьшить экспериментальную ошибку и предотвратить появление брака.</p>
<p>Угрозы У1. Снижение стоимости разработок конкурентов. У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.</p>	<p>Угрозы развития У1С2. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, наши продукты имеют лучшие стимулирующие свойства, больше перспектив развития. У2С2. Наши продукты обладают лучшими стимулирующими свойствами, являются более привлекательными мировом рынке.</p>	<p>Уязвимости: У1Сл4Сл5. Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения погрешности и неопределенности.</p>

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории

уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке: определение структуры работ в рамках научного исследования и количества исполнителей для каждой из работ; установление продолжительности работ; построение графика проведения 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 научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения НИР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	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	10	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

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

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула (4.2):

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

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни; $t_{min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни; $t_{max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы (4.3).

$$t_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

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

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

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

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 (4.5):

$$k_{\text{кал.инж.}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48, \quad (4.5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{\text{вых}}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{\text{пр}}$ – 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		$t_{ожг}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
Итого:	7	59	15	84	10,2	69	68,5	102

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

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

Таблица 4.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T _{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	4	▨												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	▨ ■												
3	Обзор научной литературы	Исп2	11		■											
4	Выбор методов исследования	Исп2	6			■										
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7			▨ ■										
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9				■									
7	Проведение эксперимента	Исп2	25					■	■	■						
8	Обработка полученных данных	Исп2	18								■	■	■			
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5										▨ ■			
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13												■	■

Примечание:

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

4.3 Бюджет научно-технического исследования

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

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

- накладные расходы НИР.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

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

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при получении продукта с использованием наночастиц никеля и питательного раствора Хьюитта. Результаты расчета затрат представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11– Затраты на получение продукта с использованием наночастиц никеля и питательного раствора Хьюитта.

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Электровзрывной порошок наночастиц никеля	кг	0,1	17905	1790,5
Ультрадисперсный порошок наночастиц никеля	кг	0,1	16540	1654
Раствор Хьюитта	л	10	518	5180
Перчатки резиновые, технические	пар	3	12	36
Итого:				8660,5

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 (4.6):

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

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле (4.7):

$$A = \frac{H_{AI}}{12} \cdot m, \quad (4.7)$$

где И – итоговая сумма, тыс. руб.; т – время использования, мес.

Таблица 4.12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	$H_4, \%$	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ультразвуковая ванна ГРАД 28-35	1	10	1	10	21500	179,16
2	Дифракционный анализатор SALD-7101	1	10	1	10	1265273	10543,94
3	Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ) JEM-2100F	1	20	0,16	5	18000000	12000
4	Аналитические весы AND HR-100AG	1	20	0,16	5	86310	57,54
5	ПЭВМ	1	6	0,20	16,7	40000	111,33
Итого:						22891,97 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 $Z_{\text{осн}}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле (4.8):

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

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.14).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя) (4.9):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (4.9)$$

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) (4.10):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1746,1 \text{ руб.}, \quad (4.10)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя (4.11):

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.}, \quad (4.11)$$

– для инженера (4.12):

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (4.12)$$

где Z_{mc} – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – 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	$Z_{mc}, \text{руб}$	$k_{\text{пр}}$	k_d	k_p	$Z_m, \text{руб}$	$Z_{\text{дн}}, \text{руб}$	$T_p, \text{раб.дн.}$	$Z_{\text{осн}}, \text{руб}$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	10,2	28902,46
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	69	120273,9
Итого:								149176,36

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя (4.13):

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 28902,46 = 4335,37 \text{ руб.} \quad (4.13)$$

– для инженера (4.14):

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 120273,9 = 18041,1 \text{ руб.}, \quad (4.14)$$

где $K_{\text{доп}}$ – 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 (4.15):

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (28902,46 + 4335,37) = 9971,34 \quad (4.15)$$

– для инженера (4.16):

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (120273,9 + 18041,1) = 41494,5 \quad (4.16)$$

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

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 (4.17):

$$Z_{\text{накл}} = \left(\frac{\text{сумма статей}}{5} \right) \cdot k_{\text{пр}}, \quad (4.17)$$

где $k_{\text{пр}}$ – 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
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета
22891,97	8660,5	149176,3	22376,47	51465,84	254571,1	48420,11	302991,2

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Влияние водных суспензий промышленных наночастиц на биометрические свойства проростков пшеницы» по форме, приведенной в таблице 4.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 4.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	8660,5	11126,3	16935,2	Пункт 4.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	22891,97	32993,2	43540	Пункт 4.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	149176,3	152391	149018,4	Пункт 4.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22376,47	21858,3	22199,9	Пункт 4.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	51465,84	51394,9	51394,4	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	48420,11	50776,6	49877,1	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		302991,2	320540,1	332964,5	Сумма ст. 1- 6

Где:

Исп.2 – Аналог 1

Исп.3- Аналог 2

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

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

4.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности

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

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Стимулирующие корнеобразования препараты;
- 2) Удобрение на основе наночастиц никеля.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как (4.18):

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.18)$$

где $I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 302991,2 \text{ руб}, \Phi_{\text{исп.1}} = 299177,3 \text{ руб}, \Phi_{\text{исп.2}} = 331871,7 \text{ руб}.$$

$$I_{\text{финр.}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{302991,2}{332964,5} = 0,91, \quad (4.19)$$

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{320540,3}{332964,5} = 0,96, \quad (4.20)$$

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{331871,7}{332964,5} = 1, \quad (4.21)$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

4.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании препарата	0,15	4	4	4
2. Стабильный расход (минимальные дозы)	0,2	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	3	4
4. Стимулирующие свойства	0,3	5	4	3
5. Минимальное накопление солей в почве	0,15	5	4	5
ИТОГО	1	4,65	3,8	4,05

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,65,$$

(4.22)

$$I_{p2} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,8,$$

(4.23)

$$I_{p3} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 = 4,05,$$

(4.24)

4.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

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

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп.}i}}{I_{\text{финр}}}, \quad (4.25)$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{4,65}{0,9} = 5,18, I_{\text{исп.2}} = \frac{3,8}{0,91} = 4,18, I_{\text{исп.3}} = \frac{4,05}{1} = 4,05, \quad (4.26)$$

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

Таблица 4.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,91	0,96	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,8	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,18	4,18	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,78

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

1.4 Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

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

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

которых работал инженер, составляет 98 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 20 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 302991,2 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

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

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

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

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ92	Шептор Анна Сергеевна

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Влияние водных суспензий промышленных наночастиц на биометрические свойства проростков пшеницы	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: нанопорошки никеля и семена пшеницы. В работе исследовались свойства нанопорошков в разных размерах в дисперсионной среде. Суспензии получали путем диспергирования наночастиц в дисперсионных средах ультразвуком.</p> <p>Область применения: агропромышленность, лаборатории.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>ГОСТ 12.0.002-80. ССБТ. Термины и определения. ГОСТ 12.0.003-15. ССБТ. Опасные и вредные факторы. Классификация. ГОСТ 12.0.004-90. ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения. ГОСТ 12.1.001-89. ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.002-84. ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. ГОСТ 12.1.003-83* ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. ГОСТ 12.1.010-76. ССБТ. Взрывоопасность. Общие требования. ГОСТ 12.0.003-91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.4.011-89. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. ГОСТ 22.0.02-94. ССБТ. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. ГН 2.2.5.686-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. М.: Мин-во РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. ПУЭ. Правила устройства электроустановок.</p>

	<p>СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.</p> <p>СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.</p> <p>СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданиях и на территории жилой застройки.</p> <p>СН 2.2.4/2.1.8.556-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.</p> <p>СН 4557-88. Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях.</p> <p>СНиП 41-01. Отопление, вентиляция и кондиционирование.</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы: Отклонение показателей микроклимата, электромагнитное излучение, превышение уровня шума, ультразвук, вибрации, недостаточная освещенность рабочей зоны, потенциальные риски при работе с вредными веществами, влияние психофизиологических факторов: монотонность труда, физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение.</p> <p>Опасные факторы: электротравмы при неправильной работе с электроприборами. Механические повреждения деталями оборудования</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Атмосфера: выброс наночастиц (приводят к заболеваниям и не выводятся из организма)</p> <p>Гидросфера: выброс наночастиц в водоемы (мутация водной биоты)</p> <p>Литосфера: загрязнение почв наночастицами (токсическое действие на рост живых организмов)</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возможные ЧС: пожар, взрыв и т.п.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар (использование огнетушителя, песка, асбестового одеяла, пожарного крана и пожарного щита, средств индивидуальной защиты, эвакуация)</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	22.02.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ92	Шептор А.С.		

ГЛАВА 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Настоящая работа направлена на получение зависимостей, показывающих влияние концентрации и размера промышленных нано- и микрочастиц никеля на их дисперсионные свойства в растворах электролитов, а также их влияние на биометрические свойства проростков пшеницы.

Экспериментальные работы проходили на базе двух лабораторий: Лаборатория отделения наноматериалов и нанотехнологий, Инженерная школа новых производственных технологий Томского политехнического университета (НМНТ ИШНПТ ТПУ), г. Томск; лаборатория на кафедре экологии, природопользования и экологической инженерии Томского государственного университета.

Лаборатория укомплектована следующим оборудованием: весы аналитические «Acculab ALC-210D4», Германия; рН-метр «рН-410 Аквилон», Россия; термостат «ТС 1/80-СПУ», Россия; магнитная мешалка «MS-3000 Biosan», Латвия; спектрофотометр «PD-303 Arpel», Япония; центрифуга «Centrifuge 5702 Eppendorf», Германия; рабочее место, оснащенное ПК; шкаф для хранения лабораторной посуды – 3 шт.; • вытяжной шкаф – 2 шт.; шкаф для хранения химикатов – 2 шт.; стол с рабочей поверхностью – 4 шт.; раковина – 2 шт

Благодаря быстрому росту производства и применения металлических наночастиц, создается все больше источников в окружающей среде и, соответственно, растет беспокойство их влияния на природу. Имеющихся в литературе данных о сравнительном влиянии наночастиц никеля (Ni) на растения недостаточно для выявления концентрационных зависимостей влияния разных форм никеля на морфо-физиологические показатели растительного организма. прорастание семян и ранее развитие семян.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

За производством и оборотом продукции, полученной с использованием нанотехнологий и содержащей наноматериалы надзор ведет санитарный врач

Российской Федерации Г.Г.Онищенко. Согласно списку опасных и вредных веществ регламентируемо постановлением гос. сан. врача РФ №54 от 23.07.2007 г. наноматериалы не относятся к опасным веществам [95].

В лабораторию допускаются только сотрудники и студенты достигшие совершеннолетия, также к ним относятся и студенты по обмену, выполняющие практические, курсовые и дипломные работы. Все сотрудники и студенты в обязательном порядке должны пройти вводный инструктаж, обучение по работе на оборудовании и осуществлять работу только под руководством научных и инженерно-технических работников, прошедших инструктаж по технике безопасности поведения в лабораторноисследовательском помещении, технике безопасности обращении с химическими реактивами [96]. Все сотрудники лаборатории должны своевременно проходить медицинское обследование [97].

При работе с наноматериалами все студенты и сотрудники должны использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ): **Защита органов дыхания:** респираторы, изолирующие аппараты и тд. Они должны обеспечивать защиту дыхательной системы, основная их задача в том, чтобы фильтровать вдыхаемый воздух до содержания, не превышающего предельно допустимых концентраций (ПДК); **средства защиты кожных покровов (руки):** латексные или резиновые перчатки, плотно прилегающие к коже. Средства защиты рук необходимо использовать при каждом процессе работы с наноматериалами. А также, к средствам индивидуальной защиты обязательно относят очки с боковой защитой, халат или специализированную форму и тд.

Контроль за исполнением требований законодательной базы осуществляется Федеральной инспекцией труда при Министерстве труда и социальной защиты Российской Федерации.

Основные требования трудовых прав работников, благоприятные условия для работы прописаны в ТК РФ, № 197-ФЗ [98]. Эргономические требования организации рабочей зоны: Отсутствие лишних предметов,

основные рабочие инструменты должны находиться в зоне видимости; правильно спроектированное освещение; соблюдаться определенные параметры микроклимата; рабочее оборудование должно соответствовать технике безопасности; соблюдение уровня шума и тд.

Правильно организовать рабочее место – это значит обеспечить его в соответствии со специализацией и технологическим назначением, а также с учетом существующего уровня технического прогресса – оборудованием, инвентарем, производственной мебелью, средствами связи и оргтехники; наладить бесперебойное и ритмичное обслуживание рабочего места другими службами, материальным и информационным обеспечением; создать благоприятные условия труда для выполнения трудовых процессов. При этом материально-технические средства должны быть размещены в зоне рабочего места в соответствии с содержанием выполняемой работы и требованиями рациональных трудовых приемов [99].

5.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность – это система мероприятий и средств, которые предотвращают опасные факторы в процессе трудовой деятельности. К производственной безопасности относятся организационные мероприятия и технические средства защиты от поражения электрическим током, механических травм движущимися механизмами, подъемно-транспортными средствами, обеспечение безопасности систем высокого давления, методы и средства обеспечения пожаровзрывобезопасности и т. д.

Производственные факторы подразделяются на: вредные и опасные производственные факторы. Согласно определениям, вредным производственный фактор считается, если его воздействие на работающего, может привести к травме или внезапному ухудшению здоровья. Воздействие опасного производственного фактора может привести к заболеванию или снижению работоспособности [100]. При этом, опасный фактор может стать вредным, в зависимости от условий воздействия.

Таблица 5.1. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
2. Электромагнитное излучение	+	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарнозащитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов;
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	ГОСТ 12.4.113-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы учебные лабораторные. Общие требования безопасности;
4. Повышенный уровень шума, ультразвук	+	+	+	ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот;
5. Воздействие вредных веществ	+	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий;
6. Вибрации	+	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий;
7. Электробезопасность	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение; ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности; СП 51.13330.2011 Защита от шума. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности; ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны; ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Отклонение показателей микроклимата. Показатели, характеризующие микроклимат: температура воздуха, относительная влажность воздуха, интенсивность теплового излучения (скорость движения воздуха). Отклонения от норм влияют на состояние и здоровье человека, что в следствие нарушает его функциональную деятельность. Согласно классификации, СанПиН 2.2.4.548-96 [101], профессиональной деятельности по категориям тяжести на основании общих энергозатрат, инженерная и исследовательская деятельность относится к категории легких работ (I б). Оптимальными параметрами микроклимата для этого случая являются следующие:

- Холодное время года: температура 21-23 °С, влажность 40- 60%, скорость движения воздуха в помещении 0,1 м/с.
- Помещение отапливается, для поддержания оптимальной температуры воздуха.
- Теплое время года: температура 22-24 °С, влажность 40-60%, скорость движения воздуха в помещении 0,1 м/с.
- Помещение кондиционируется, для поддержания оптимальной температуры воздуха.

Согласно по ГОСТ 12.4.113-82 [102], геометрические размеры в лаборатории должны быть: площадь зоны - 4,5 м, ширина зоны - 3,0 м; высота нижней границы зоны от пола - 1,0 м и одновременно в лаборатории может работать до 10 человек. Лаборатория отделения материаловедения ИШНПТ ТПУ: длина 4 м, ширина 3 м, высота 3 м, общая площадь 12 м², общий объем 36 м³.

Электромагнитное излучение. Анализ и обработка данных, полученных за время эксперимента, предполагает использование компьютерных технологий. Избыточное воздействие электромагнитного поля может стать причиной неврологических нарушений, бессонницы, привести к сбоям в

работе желудочно-кишечного тракта, проблемы со зрительным аппаратом и прочим негативным последствиям. Защита от электромагнитного излучения осуществляется с применением поглощающих или отражающих экранов [103].

Повышенный уровень шума, ультразвук. Источником повышенного шума и ультразвука в данной работе – ультразвуковая ванна.

Непрерывная работа в условиях повышенного уровня шума может стать причиной снижения работоспособности персонала, вызывать подавленное психическое состояние, стать причиной развития тугоухости, частичной глухоты.

Требования ГОСТ 12.1.003-2014 [104], и СП 51.13330.2011 [105], для уровней звукового давления и максимальный уровень шума для работы в лаборатории представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2. Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот

Рабочее помещение	Уровень звукового давления в октавной полосе со среднегеометрическими частотами, дБ									Мак уровень звука, дБ
	<i>Среднегеометрическая частота, Гц</i>									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Лаборатория	3	9	0	3	8	5	2	0	9	0

Для обеспечения безопасной работы в условиях лаборатории следует контроль включения приборов, использовать звукоизолирующие кожухи и личные средства защиты (наушники подавляющие звук).

Вибрация. Предельно допустимый уровень (ПДУ) вибрации – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ вибрации не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных лиц. Требования СН 2.2.4/2.1.8.566-96 [106], предельно

допустимые величины нормируемых параметров вибрации рабочих мест при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч) приведены в таблице 5.3.:

Таблица 5.3. Допустимые уровни вибрационного воздействия в октавных полосах частот

Рабочее помещение	Уровень вибрационного воздействия давления в октавной полосе со среднегеометрическими частотами, дБ.								Мах уровень виброускорения, дБ
	<i>Среднегеометрическая частота, Гц</i>								
	8	6	1,5	3	25	50	500	1000	
Лаборатория	23	23	29	35	41	47	53	59	126
Лаборатория	115	109	109	109	109	109	109	109	Виброскорости, дБ

Общая вибрация в лаборатории относится к категории 3, тип "в" допустимые уровни вибрационного воздействия соответствует по СН 2.2.4/2.1.8.566-96.

Недостаточная освещенность рабочей зоны. Неправильное расположение ламп по отношению к рабочему месту, недостаточное их количество и нерегулярная замена ламп и др. факторы приводят к снижению концентрации и зрительной работоспособности, развитию офтальмоонкологических заболеваний, перегрузу центральной нервной системы, и к негативному влиянию на психоэмоциональное состояние рабочего. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 [107], и СП 52.13330.2016 [108], норма освещенности для научно-технических лабораторий для естественного бокового освещения КЕО=1,2 %, для совмещенного освещения КЕО=2,1 %. Для искусственного освещения при общем освещении норма 300-500 люк, при коэффициенте пульсации не более 10%.

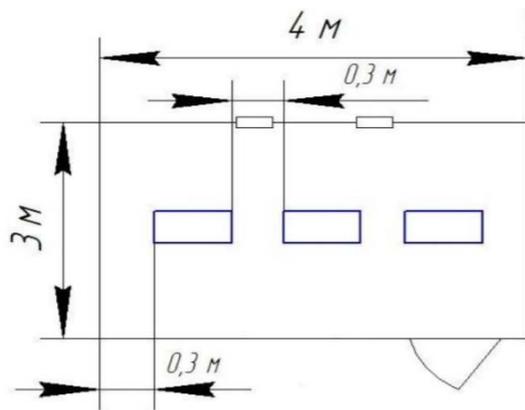


Рисунок 5.1. Схема размещения ламп

Для освещения используются светильники типа ОД мощностью 40 Вт, для которых оптимальность расположения светильников составляет $\lambda = 1,4$. Расчетная длина между двумя рядами светильников: $L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,2 = 3,08$ м.

Число рядов светильников: $n = B/L = 3/3,08 = 0,97$, где B – ширина помещения, м.

Выбираем $n = 1$ ряд светильников. Тогда индекс освещения:

$$i = \frac{S}{(A+B) \cdot n} = \frac{12}{(4+3) \cdot 1} = 1,7 \quad (5.1)$$

Коэффициент использования светового потока $\eta = 43 \%$.

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

Необходимое число светильников в ряду:

$$\frac{6210 \text{ лм}}{4266 \text{ лм}} \approx 3. \quad (5.2)$$

Далее рассчитывается фактическое освещение в помещении. Число светильников в ряду 3 (число ламп 2):

$$\Phi = 2850 \cdot 3 \cdot 2 = 17100 \text{ лм}. \quad (5.3)$$

Фактическое освещение в помещении $\Phi = 17100$ лм для одного ряда светильников, т. е. для трех светильников с двумя лампами. Рассчитывается фактическое значение освещения в помещении по формуле:

$$E_{\text{факт}} = \frac{N \cdot \eta \cdot \Phi}{S \cdot K_3 \cdot Z \cdot 100\%} = \frac{4960 \cdot 3 \cdot 43\%}{12 \cdot 1,5 \cdot 1,15 \cdot 100\%} = 309 \text{ лк}. \quad (5.4)$$

Согласно расчётам, фактическое значение освещения укладывается в диапазон освещённости искусственным светом 300-500 лк: $E_{\text{факт}} = 309$ лк.

Риски воздействия вредных веществ. Для безопасной работы с вредными химическими веществами является необходимо знание свойств, особенностей их токсичного действия и симптомов отравления. Неосторожность при работе с химическими реактивами может привести к острым и хроническим отравлениям, раздражению дыхательных путей, химическим и термическим ожогам.

Рассмотрим используемые в работе реактивы:

Нитрат кальция. В соответствии с ГОСТ 30333-2007 [109] может причинить вред при попадании на кожу (5 класс опасности), вреден при проглатывании (4 класс опасности) и вызывает необратимые последствия при попадании в глаза (1 класс опасности). Не классифицируется как представляющий опасность при вдыхании. Соединение сильно гигроскопично, поэтому его хранят без доступа влаги.

Дигидроортофосфат калия. В соответствии с ГОСТ 30333-2007 [109] может причинить вред при попадании на кожу (5 класс опасности). Особые меры предосторожности не обязательны. Не классифицируется как респираторный раздражитель или аллерген кожи.

Калий фосфорнокислый. Безопасное вещество или смесь согласно Регламенту (ЕС) № 1272/200. При контакте с глазами или кожей: промыть большим количеством воды. Не рекомендуется допускать попадание в водостоки.

Сульфат магния. В соответствии с ГОСТ 30333-2007 [109] может причинить вред при попадании на кожу (5 класс опасности), вреден при проглатывании (5 класс опасности). При работе с веществом необходимо обеспечить доступ свежего воздуха, ношение защитных средств. Особые меры предосторожности не обязательны. Перед перерывами и по окончании работы вымыть руки.

Нитрат калий. В соответствии с ГОСТ 30333-2007 [109] острая оральная токсичность (5 класс опасности). Является окислителем – может усилить возгорание. При работе с веществом беречь от источников воспламенения/нагревания/искр/открытого огня. Не курить. Не классифицируется как серьезный раздражитель глаз.

Нитрат аммония. Соль азотной кислоты. Окислитель – может усилить возгорание. При попадании в глаза может вызвать раздражение. Избегать контакта с веществом. Обеспечить соответствующую вентиляцию. Не допустить попадание продукта в водостоки – токсичный к водным организмам.

Сульфат меди. Неорганическое соединение. В безводном виде – белый порошок, очень гигроскопичное. Острая хроническая токсичность для водной среды (1 класс опасности). Опасность серьезного повреждения глаз, риск слепоты. После контакта с кожей вызывает раздражение от слабого до среднего уровня.

Сульфат цинка. Цинковая соль серной кислоты в виде порошка. Частицы вещества нестабильны и подвержены выветриванию под воздействием атмосферного воздуха. Серьезное повреждение глаз и острая хроническая токсичность для водной среды (1 класс опасности). В случае пожара могут образовываться оксиды серы.

Молибдат аммония. Неорганическое соединение, соль аммония и молибденовой кислоты. Бесцветные кристаллы, гидролизуются водой. Раздражение и разъедание кожи, раздражение глаз (2 класс опасности). Специфическая избирательная токсичность, поражающая отдельные органы-мишени при однократном воздействии (раздражение дыхательных путей). В случае пожара могут образоваться оксиды азота. Пользоваться средствами индивидуальной защиты в соответствии с требованиями. Избегать контакта с кожей, глазами и одеждой. Не вдыхать пыль.

Сульфат марганца. Неорганическое соединение, хорошо растворимо в воде. При прокаливании плавится и разлагается. Очень токсично для водной флоры и фауны с долговременными последствиями (1 класс опасности). Рекомендуется избегать пылеобразования и придерживаться указаний для комбинированного хранения. Возможны опасные реакции с кислотами.

Борная кислота. Слабая, одноосновная кислота, при нагревании борная кислота растворяет оксиды металлов, образуя соли. Перед использованием пройти инструктаж по работе с данной продукцией и ознакомиться с инструкциями по технике безопасности. Использовать перчатки/спецодежду/средства защиты глаз/лица (репродуктивная токсичность 1 класса опасности).

Металлический никель – конструкционный материал, химическое вещество, микроэлемент использующийся в кроветворении, окислительно-восстановительных процессах. При этом избыточное поступление никеля представляет опасность для здоровья.

Повышенные концентрации никеля в организме обычно проявляются в виде аллергических реакций, повышенной возбудимости ЦНС и вегетативной нервной системы, проявления признаков анемии. Интоксикация и отравление никелем может стать причиной развития образований в легких, почках, кожном покрове, так как никель в организме влияет на процессы с ДНК и РНК.

Повышенное его содержание оказывает специфическое действие на сердечно-сосудистую систему. Никель принадлежит к числу канцерогенных элементов. Он способен вызывать респираторные заболевания. Считается, что свободные ионы никеля (Ni^{2+}) примерно в 2 раза более токсичны, чем его комплексные соединения. Повышенное содержание никеля в окружающей среде приводит к появлению эндемических заболеваний, бронхиального рака. Соединения никеля относят к 1 группе канцерогенов. Металлический Ni и его соединения вызывают образование опухолей у животных, а также профессиональный рак. Канцерогенное действие Ni связывают с нарушением метаболизма клеток. Соли Ni вызывают поражение кожи человека с развитием

повышенной чувствительности к металлу [110]. Показатели токсичности никеля приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4. – Показатели токсичности используемых химических соединений согласно ГОСТ 12.1.005-88

Химическое соединение	Параметры токсичности		
	ПДК*, мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Никель (Ni)	0,5	2	П

* предельно допустимая концентрация паров вещества в воздухе рабочей зоны.

Психофизиологические фактор. При выполнении ВКР могут возникнуть следующие вредные факторы: умственное перенапряжение и монотонность труда, физические и эмоциональные перегрузки. Данные факторы вызывают у человека:

- снижение работоспособности;
- преждевременную усталость;
- рассеянное внимание;
- уменьшение скорости реакции и снижение двигательной активности;
- ухудшение зрительной функции;
- нервное истощение.

Для предупреждения воздействия данных факторов на организм следует: изменять ритм работы; менять деятельность; чередование работы с легкими физическими нагрузками; проводить лечебно-профилактические мероприятия.

Каждые 40-45 минут в соответствии с нормами проводится физкультурная пауза: гимнастика для глаз, лёгкие гимнастические упражнения для тела. Каждый час проводится перерыв, для выполнения гимнастики для глаз, а также выполнять несколько упражнений на

расслабление, которые могут уменьшить напряжение, накапливающееся в мышцах при длительной работе за компьютером.

5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных факторов на исследователя

В процессе работы с оборудованием (например, ультразвуковая ванна, ПЭВМ, дифракционный анализатор SALD-7101 и тд) необходимо уделить внимание требованиям электробезопасности.

Основным средством защиты человека при работе с промышленными электроустановками является заземление корпуса. Для защиты рабочего персонала также устанавливаются полы из изолирующих материалов (например, линолеум, резина, древесина и др.). Помещение, используемое в данной отнесено в соответствии с классом опасности поражения электрическим током: помещение без повышенной опасности.

В лаборатории проекта заземлены все приборы, на полу - линолеум. Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, необходимо:

Применять: защитное заземление; зануление и отключение; защитное экранирование; систему защитных проводов;

Проводить контроль состояния изоляции электрических установок;

С целью предотвращения поражений электрическим током каждый сотрудник должен проходить инструктаж по охране труда на рабочем месте.

5.3 Экологическая безопасность

Наночастицы, поступая из различных источников в окружающую среду, благодаря малому размеру, способны проникнуть в самые разные области нашего мира. Схема миграции наночастиц представляет собой взаимное перемещение наночастиц между средами обитания (атмосфера, гидросфера и литосфера), а также миграцию в различные биологические объекты (человек и наземные обитатели, растительный и животный мир водной системы, почва и

отложения и т.д.). В зависимости от вида, формы наночастицы представляют в большей или меньшей степени опасность для экосистемы. На сегодняшний день сформированы пять основных шагов для определения рисков, связанных с повсеместным применением наноматериалов [111]:

1. Составить программу систематических исследований, ориентированных на определение возможного риска, связанного с наночастицами;
2. Разработать методы обнаружения наночастиц в воздухе и воде;
3. Создать методы определения возможной токсичности наноматериалов;
4. Сформировать модели, способные предсказать возможное воздействие наноматериалов на окружающую среду и здоровье человека;
5. Изыскать способ оценки воздействия наночастиц на окружающую среду и здоровье.

Защита атмосферы. Наночастицы, попадая в воздух, образуют аэрозоли, устойчивые к седиментации. Эти аэрозоли проникают в биологические объекты через дыхательные пути, пищеварительный тракт, кожу и слизистые. Наночастицы из аэрозолей также поглощаются растениями (сорбция) и этим путем активно проникают в растительный мир. Наночастицы, диспергированные в воздухе, адсорбируются водами различных объектов (озера, реки и т.п.), осаждаемые в воде наночастицы попадают в почву, в грунт, в грунтовые воды. Чтобы предотвратить попадание наноматериалов и продуктов на основе наночастиц в атмосферу необходимо использовать вентиляцию с встроенными системами фильтрации. Только тщательная фильтрация способна обеспечивать минимальное содержание наночастиц в воздухе. Эта норма установлена требованиями ПДК по ГН 2.1.6.1338-03 [112]. В помещениях, где непосредственно проводится работа с наноразмерными частицами используется вытяжная система с вакуумом для предотвращения попадания дисперсных частиц за пределы помещения.

Защита гидросферы. Наночастицы с производства, при неправильной утилизации суспензий металлических нанопорошков могут попадать в воду, используемую для питьевых нужд. Данным путем частицы попадают в пищеварительный тракт человека. Согласно ГОСТ 17.1.3.13–86 [113] и ГОСТ 17.1.3.06–82 [114], наночастицы не признаны потенциально опасными, следовательно, дополнительная очистка вод лабораторных стоков не требуется при соблюдении норм ПДК по ГН 2.1.5.2280-07 [115].

Защита литосферы. Наночастицы попадают в почву путем осаждения, адсорбции или адгезии из атмосферы, растворением и осаждением из гидросферы, а также из биологических объектов, например, при их разложении. Попадая в почву, наночастицы нарушают ее микробиологический состав. Более того, наночастицы из почвы проникают в бентосы, которые перерабатывают ее, получая питательные вещества. Частицы из этих организмов перемещаются далее по пищевой цепочке в водоросли и к более сложным организмам животного мира. Предельно допустимая концентрация частиц в почве указана в ГН 2.1.7.2041-06 [116].

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятными для научно-исследовательской лаборатории чрезвычайными ситуациями (ЧС) являются пожар и взрыв. Последовательность действий при пожаре:

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

Регулярно следует проводить мероприятия по мониторингу и повышению устойчивости организации при ЧС:

- инженерно-технические – контроль за технологическими процессами, противопожарные мероприятия, контроль сроков хранения и объемов пожаро- и взрывоопасных веществ и тд.

- организационные – включают в себя разработку плана действий при ЧС, прогнозирование последствий, создание и контроль систем оповещения, подготовка персонала, проведение учений. Инструктаж сотрудников по пожарной безопасности и технике безопасности.

- специальные мероприятия - обеспечение и хранение СИЗОД, создание запаса средств для нейтрализации опасных и вредных веществ, дегазация [117].

Лаборатория оснащена 2-мя углекислотными огнетушителями марки ОУ2, которые предназначены для тушения возгораний химических веществ за исключением тушения щелочноземельных элементов, электрических приборов, работающих под напряжением ниже 1000 В. Во всех комнатах имеется план эвакуации и указатели движения к эвакуационному выходу. На рисунке ___ представлен план эвакуации лаборатории отделения наноматериалов и нанотехнологий.



Рисунок 5.2. – План эвакуации

5.5 Выводы по разделу

Экологическая безопасность использования наноматериалов включает в себя контроль нанопродуктов начиная от разработки до полной их утилизации.

Важно соблюдать все требования по применению наноматериалов на протяжении всего цикла. Так как система гигиенического контроля и нормирования для наночастиц и наноматериалов на сегодняшний день еще не разработана, то при работе с наночастицами следует проводить мониторинг риска для каждого используемого материала. Целью такого мониторинга должно стать уменьшение до приемлемого уровня риска и снижение негативных воздействий исследуемых частиц на персонал и окружающую среду [118].

В главе рассмотрены основные требования к безопасности работы персонала на всех этапах работы с выбранными материалами для минимизации негативного воздействия. В работе исследовались правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. В итоге, установлено, что рабочее место соответствует нормам по защищённости от вредных и опасных факторов, при работе соблюдаются правила по утилизации полученных отходов. Так же она соответствует правовым нормам и имеет соответствующую компоновку рабочей зоны.

6 СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Муханбетжанова К.Т., Шептор А.С., Годымчук А.Ю., Куровский А.В. Влияние наночастиц цинка на корнеобразование пшеницы // Сборник статей. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. – 2017. – С.182-183.
2. Муханбетжанова К.Т., Шептор А.С. Влияние наночастиц и ионов металлов на морфометрические свойства пшеницы // Сборник тезисов. – Тамбов. – 2018. – С.44.
3. Шептор А.С., Муханбетжанова К.Т., Годымчук А.Ю., Куровский А.В. Влияние наночастиц цинка и никеля на корнеобразование пшеницы сорта Ирень // Сборник тезисов. – Пущино. – 2018. – С.269.
4. Муханбетжанова К.Т., Шептор А.С. Влияние концентрации наночастиц никеля на корнеобразование пшеницы сорта Ирень // Сборник тезисов. – Казань. – 2018. – С. 45.
5. Шептор А.С., Муханбетжанова К.Т. Концентрационное влияние наночастиц никеля на развитие проростков пшеницы сорта Ирень // Сборник тезисов. – Томск. – 2019. – С.132.
6. Шептор А.С., Годымчук А.Ю., Куровский А.В. «Концентрационное влияние наночастиц никеля на содержание ионов в тканях проростков пшеницы сорта Ирень» // Материалы Международного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2020». – М.: МАКС Пресс, 2020.
7. Шептор А.С., Годымчук А.Ю., Куровский А.В. «Влияние наночастиц и ионов никеля на корнеобразование пшеницы» // Сборник материалов молодых ученых «Инновационные материалы и технологии». – 19-21 января 2021 г. – Минск: Изд-во БелГТУ, 2021. – С. 121-124
8. Шептор А.С., Годымчук А.Ю., Куровский А.В. Концентрационное влияние наночастиц Ni на содержание ионов в тканях // Сборник научных трудов XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук». – Россия, Томск 27-30 апреля. – В печати.

7 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Hewitt R.E., Chappell H.F., Powell J.J. Small and dangerous? Potential toxicity mechanisms of common exposure particles and nanoparticles // *Current Opinion in Toxicology*. – 2020. – Vol.19. – P.93-98.
2. Shrivastava M., Srivastav A., Gandhi S., Rao S., Roychoudhury A., Kumar A., Singhal R.K., Jha S.K., Singh S.D. Monitoring of engineered nanoparticles in soil-plant system: A review // *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*. – 2019. – Vol.11. – P.100218.
3. Rajput V., Minkina T., Mazarji M., Shende S., Sushkova S., Mandzhieva S., Burachevskaya M., Chaplygin V., Singh A., Jatav H. Accumulation of nanoparticles in the soil-plant systems and their effects on human health // *Annals of Agricultural Sciences*. – 2020. – Vol.65 (2). – P.137-143.
4. Shang Y., Hasan K. M., Ahammed G.J., Li M., Yin H., Zhou J. Applications of nanotechnology in plant growth and crop protection: A review // *Molecules*. – 2019. – Vol. 24 (14). – P.2558.
5. Oberdörster G., Oberdörster E., Oberdörster J. Nanotoxicology: an emerging discipline involving from studies of ultrafine particles // *Environmental Health Perspectives*. – 2005. – Vol.113 (7). – P.823-839.
6. What is a ‘nanomaterial’? European Commission breaks new ground with a common definition [Электронный ресурс]: European Commission Press (release 18.10.2011). – Режим доступа: http://europa.eu/rapid/pressrelease_IP-11-1202_en.htm?locale=en], свободный.
7. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – 2-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2005. – 414 с.
8. Jin H., Sun Y., Yang M., Gui R. Zero-dimensional sulfur nanomaterials: Synthesis, modifications and applications // *Coordination Chemistry Reviews*. – 2021. – Vol.438. – P.213913.

9. Hu K., Wang H., Shen Z., Yan Y., Liu H. Enhancement methods of hydrogen sensing for one-dimensional nanomaterials: A review // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2021. – Vol.46 (38). – P.20119-213913.
10. Wang Y., Wang L., Zhang X., Liang X., Feng Y., Feng W. Two-dimensional nanomaterials with engineered bandgap: Synthesis, properties, applications // *Nanotoday*. – 2021. – Vol.37. – P.101059.
11. El-Eskandarany S. 6 – Mechanochemical process for fabrication of 3D nanomaterials // *Mechanical Alloying (Third Edition)*. – 2020. – P.129-152.
12. Бакеева И.В. Наноструктуры: основные понятия, классификация, способы получения. – М.: МИТХТ имени М.В. Ломоносова. – 2008. – 67 с.
13. Годымчук А.Ю., Савельев Г.Г., Зыкова А.П. Экология наноматериалов. – М.: БИНОМ Лаборатория знаний. – 2012. – 272 с.
14. Рыжонков Д.И., Лёвина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2008. – 365 с.
15. Lim J.G, Yoon S.H., Hong J., Choi J.B., Kim M.K., Lee T.R. Continuous synthesis of nickel/cobalt/manganese hydroxide microparticles in Taylor–Couette reactors // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. – 2021. – Vol.99 (25). – P.388-395.
16. Olajire A. A., Mohammed A. A. Green synthesis of nickel oxide nanoparticles and studies of their photocatalytic activity in degradation of polyethylene films // *Advanced Powder Technology*. – 2019. – Vol.31 (1). – P.211-218.
17. Chaudhary J. Tailor G., Yadav B. L., Michael O. Synthesis and biological function of nickel and copper nanoparticles // *Heliyon*. – 2019. – Vol.5 (6). – P.01878.
18. Ahghari R.M., Maleki A. Synthesis of nickel nanoparticles by a green and convenient method as a magnetic mirror with antibacterial activities // *Scientific Reports*. – 2020. – Vol.10 (1). – P.12627.

19. Gondal M.A., Saleh T.A., Drmosh Q.A. Synthesis of nickel oxide nanoparticles using pulsed laser ablation in liquids and their optical characterization // *Applied Surface Science*. – 2012. – Vol. 258 (18). – P.6982-6986.
20. Merugu R., Nayak B., Chitturi L.K., Kumari K.P. Biofabrication of nickel and bismuth bimetallic nanoparticles using aqueous toddy of *Borassus flabellifer*: Synthesis, characterization and elucidation of biological properties // *Materials Today: Proceedings*. – 2021. – Vol.44 (1). – P.2466-2470.
21. Sheikhi S., Jalali F. Remarkable electrocatalytic activity of Ni-nanoparticles on MOF-derived ZrO₂-porous carbon/reduced graphene oxide towards methanol oxidation // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2021. – Vol.46 (18). – P.10723-10738.
22. Soliman T.S., Vshivkov S.A., Elkalashy Sh.I. Structural, linear and nonlinear optical properties of Ni nanoparticles – Polyvinyl alcohol nanocomposite films for optoelectronic applications // *Optical Materials*. – 2020. – Vol.107. – P.110037.
23. Gong Z., Ma T., Liang F. Syntheses of magnetic blackberry-like Ni-Cu-Pd nanoparticles for efficient catalytic reduction of organic pollutants // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2021. – Vol.873. – P.159802.
24. Hou S., Gavrilyuk A.I., Zhao J., Geng H., Li N., Hua C., Zhang K., Li Y. Controllable crystallinity of nickel oxide film with enhanced electrochromic properties // *Applied Surface Science*. – 2018. – Vol.451. – P.104-111.
25. Hotovy I., Huran J., Spiess L., Hascik S., Rehacek V. Preparation of nickel oxide thin films for gas sensors applications // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 1999. – Vol.57 (1-3). – P.147-152.
26. Ahmad T., Ramanujachary K. V., Lofland S. E., Ganguli A. K. Magnetic and electrochemical properties of nickel oxide nanoparticles obtained by the reverse-micellar route // *Solid State Sciences*. – 2006. – Vol.8 (5). – P.425-430.
27. Singh S., Verma N. Fabrication of Ni nanoparticles-dispersed carbon micro-nanofibers as the electrodes of a microbial fuel cell for bio-energy production // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2015. – Vol.40 (2). – P.1145-1153.

28. Aitken R.J., Chaudhry M.Q., Boxall A.B.A., Hull M. Manufacture and use of nanomaterials: current status in the UK and global trends // Occupational Medicine: Medicine and Health. – 2006. – Vol.56 (5). – P.300-306.
29. Нанопорошки: описание и объемы производства [Электронный ресурс]: Abercade consulting. Аналитика. Нанотехнологии и материаловедение. – 2008. – Режим доступа: <http://abercade.ru/research/analysis/67.html>, свободный.
30. Официальный сайт US Research Nanomaterials [Электронный ресурс]: US Research Nanomaterials. – Режим доступа: <http://www.us-nano.com/home>, свободный.
31. Официальный сайт CVMR Corporation [Электронный ресурс]: CVMR Corporation. – Режим доступа: <http://www.cvmr.ca>, свободный.
32. Официальный сайт NaBond [Электронный ресурс]: NaBond. – Режим доступа: <http://www.nabond.com/default.htm>, свободный.
33. Официальный сайт Hunter Chemical LLC [Электронный ресурс]: Hunter Chemical LLC. – Режим доступа: <http://www.hunterchem.com/index.html>, свободный.
34. Официальный сайт Плазмотерм [Электронный ресурс]: Плазмотерм. – Режим доступа: <http://plasmotherm.ru/>, свободный.
35. Официальный сайт Передовые порошковые технологии [Электронный ресурс]: ООО "ПЕРЕДОВЫЕ ПОРОШКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ" – Режим доступа: <http://www.nanosized-powders.com/>, свободный.
36. Бирюков Ю.А., Бузник В.М., Дунаевский Г.Е., Ивонин И.В., Ищенко А.Н., Лернер М.И., Лымарь А.М., Объедков А.Ю., Псахье С.Г., Цветников А.К. Ультрадисперсные и наноразмерные порошки: создание, строение, производство и применение. – Томск: Изд-во НТЛ, 2009. – 192 с.
37. Кудрякова В.С., Банников В.В. Елагин А.А., Шишкин Р.А., Баранов М.В., Бекетов А.Р. Газофазный синтез гексагональной и кубической фаз

нитрида алюминия – метод и его преимущества // Письма в ЖТФ. – 2016. – Т.42. – Вып.5. – С.74-80.

38. 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.

39. Обуденов А. Русские нанопорошки [Электронный ресурс]: Популярныe нанотехнологии. – 2009. – Режим доступа: <http://popnano.ru/analit>, свободный.

40. Kotov Y.A. Electric explosion of wires as a method for preparation of nanopowders // Journal of Nanoparticle Research. – 2003. – Vol.5. – P. 539-550.

41. Ильин А.П., Назаренко О.Б., Тихонов Д.В., Яблуновский Г.В. Получение нанопорошков вольфрама методом электрического взрыва проводников // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – №4. – С.68-70.

42. Хитерхеева Н.С., Батороев С.Б. Ультразвуковое диспергирование наноразмерных порошков в жидких средах // Наноматериалы и технологии. – 2014. – С.290-293.

43. Гришин П.В., Катнов В.Е., Степин Г.С., Ибатуллин И.Ф., Батыршин Р.А. Газофазный синтез композитных частиц со структурой ядрооболочка на основе оксидов кремния (IV) и цинка // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т.19. – №14. – С.56-59.

44. Богинская И. А., Гусев А. В. Криохимический синтез из газовой фазы металлополимерного нанокompозита полипараксилилен – серебро // Химическая технология. – 2013. – Т. 14. – № 5. С 289-296.

45. Изаак Т.И., Бабкина О. В., Воронин А. И., Дребущак Т. Н., Стадниченко А. И., Мокроусов Г. М. Состав и свойства нанокompозитов, полученных термическим разложением солей серебра, сорбированных полиакрилатной матрицей // Коллоидный журнал. – 2003. – Т. 65. – № 6. – С.788-794.

46. Смирнов А. Н., Князьков В. Л. Обзор существующих технологий получения наноматериалов // Нанотехнологии в машиностроении, – Кемерово, – 2014. – С. 39-76.
47. Блинов А.В., Кравцов А.А., Ясная М.А., Русанов А.Ю., Момот Е.В. Влияние температурной обработки на структуру и состав наноразмерного ZnO, полученного золь-гель методом // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2015. – № 7. – С. 123-129.
48. Fu W., Yang H., Chang L., Li M., Bala H., Yu Q., Zou G. Preparation and characteristics of core-shell structure nickel/silica nanoparticles // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2005. – Vol. 262 (1-3). – P.71-75.
49. Седой В.С. Исследование электрического взрыва проводников и его применение в электрофизических установках. – Дисс...д.т.н., 2003. – 235 с.
50. Ильин А.П., Назаренко О.Б., Тихонов Д.В., Яблуновский Г.В. Получение и свойства электровзрывных нанопорошков сплавов и интерметаллидов // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308, № 4. – С. 71-74.
51. Светличный В.А., Шабина А.В., Лапин И.Н. Структура и свойства нанокристаллического порошка оксида железа, полученного методом импульсной лазерной абляции // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2016. – Т. 59, №12. – С.30-34.
52. Yin J., Cao Y., Cui Y., Lu L., Yan Y., Chen J. Nd: YAG laser ablation of aluminum alloy 6061 before and after silicon dioxide coating // Journal of Alloys and Compounds. – 2021. – Vol. 877. – P. 160329.
53. Macnicol R.D., Becket P.H.T. Critical tissue concentrations of potentially toxic elements // Plant and Soil. – 1985. – Vol. 85. – P. 107-129; Seregin I.V., Kozhevnicova A.D., Kazyumina E.M., Ivanov V.B. Nickel toxicity and distribution in maize roots // Russian journal of plant physiology. – 2003. – Vol.50. – P. 711-717.

54. Seregin I.V., Kozhevnicova A.D. Physiological role of nickel and its toxic effects on higher plants // Russian journal of plant physiology. – 2006. – Vol. 53. – P. 257-277.
55. Saad R., Kobaissi A., Robin C., Echevarria G., Benizri E. Nitrogen fixation and growth of *Lens culinaris* as affected by nickel availability: a prerequisite for optimization of agromining // Environmental and experimental botany. – 2016. – Vol.131. – P.1-9.
56. Molas J., Baran S. Relationship between the chemical form of nickel applied to the soil and its uptake and toxicity to barley plants (*Hordeum vulgare* L.) // Geoderma. – 2004. – Vol.122 (2-4). – P.247-255.
57. Битюцкий Н. П. Минеральное питание растений. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет, 2014. – 548 с.
58. Shahzad B., Tanveer M., Rehman A., Cheema S.A., Fahad S., Rehman S., Sharma A. Nickel; whether toxic or essential for plants and environment - A review // Plant Physiology and Biochemistry. – 2018. – Vol.132. – P.641-651.
59. Pal S., Tak Y.K., Song J.M. Does the antibacterial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticle? A study of the Gram-negative bacterium *Escherichia coli* // Applied and Environmental Microbiology. – 2020. – Vol.73. – P.1712-1720.
60. Geisler-Lee J., Brooks M., Gerfen J.R., Wang Q., Fotis C., Sparer A., Ma X., Berg R. H., Geisler M. Reproductive toxicity and life history study of silver nanoparticle effect, uptake and transport in *Arabidopsis thaliana* // Nanomaterials. – 2014. – Vol.4 (2), –P.301-318.
61. Rico C.M, Majumdar S., Duarte-Gardea M., Peralta-Videa J.R., Gardea-Torresdey J.L. Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain // Journal of agricultural and food chemistry. – 2011. – Vol. 59(8). – P.3485-3498.
62. Gongga N., Shao K., Feng W., Lin Z., Liang C., Sun Y. Biototoxicity of nickel oxide nanoparticles and bio-remediation by microalgae *Chlorella vulgaris* // Chemosphere. – 2011. – Vol.83 (4). – P.510-516.

63. Miri A., Shakib E. S., Ebrahimi O., Sharifi-Rad J. Impacts of nickel nanoparticles on grow characteristics, photosynthetic pigment content and antioxidant activity of *Coriandrum Sativum* L. // Oriental Journal of Chemistry. – 2017. – Vol. 33 (3). – P. 1297-1303.
64. Srivastava G., Kumar S., Dubey G., Mishra V., Prasad S.M. Nickel and ultraviolet-B stresses induce differential growth and photosynthetic responses in *Pisum sativum* L. Seedlings // Biological trace element research. – 2012. – Vol.149. – P.86-96.
65. Soares C., Branco-neves S., De Sousa A., Azenha M., Cunha A., Pereira R., Fidalgo F. SiO₂ nanomaterial as a tool to improve *Hordeum vulgare* L. tolerance to nano-NiO stress // Science of the total environment. – 2018. – Vol.622-623. – P.517-525.
66. Harish S., Kumar D., Vaijapurkar S.G. A new chlorophycean nickel hyperaccumulator // Bioresource Technology. – 2008. – Vol.99 (9). – P.3930-3934.
67. Dixon N.E., Blakeley C., Zerner R.L. Jack bean urease. Metalloenzyme. Simple biological role for nickel // Journal of the American Chemical Society. – 1975. – Vol.97 (14). – P.4131-4133.
68. Ermler U., Grabarse W., Shima S., Goubeaud M., Thauer R.K. Active sites of transition-metal enzymes with a focus on nickel // Current opinion in structural biology. – 1998. – Vol.8 (6). – P.749-758.; Mulrooney S.B., Hausinger R. P. Nickel uptake and utilization by microorganisms // FEMS Microbiology reviews. – 2003. Vol.27 (2-3). – P.239-261.
69. Gerendás J. Sattelmacher B. Influence of Ni supply on growth and nitrogen metabolism of *Brassica napus* L. grown with NH₄NO₃ or urea as N source // Annals of Botany – 1999. – Vol.83 (1). – P.65-71.
70. Короткова А.М., Лебедев С.В., Каюмов Ф.Г., Сизова Е.А. Морфофизиологические изменения у пшеницы (*Triticum vulgare* L.) под влиянием наночастиц металлов (Fe, Cu, Ni) и их оксидов (Fe₃O₄, CuO, NiO). Агробиология. – 2017. – Т.52, №1. – С.172-182.

71. Зотикова А.П., Астафурова Т.П., Буренина А.А., Сучова С.А., Моргалев Ю.Н. Морфофизиологические особенности проростков пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при воздействии наночастиц никеля // Агробиология. – 2018. – Т.53, №3. – С.578-586.

72. Tombuloglu H., Slimani Y., Tombuloglu G., Almessiere M., Baykal A., Ercan I., Sozeri H. Tracking of NiFe₂O₄ nanoparticles in barley (*Hordeum vulgare* L.) and their impact on plant growth, biomass, pigmentation, catalase activity, and mineral uptake // Environmental nanotechnology, monitoring and management. – 2019. – Vol. 11. – P.10223.

73. Saleh A.M., Hassan Y.M., Selim S., AdbElgamad H. NiO-nanoparticles include reduced phytotoxic hazards in wheat (*Triticum aestivum* L.) grown under future climate CO₂ // Chemosphere. – 2019. – Vol. 220. – P.1047-1057.

74. Буренина А.А., Воронова А.О. Влияние наночастиц никеля и платины на урожайность амаранта // Материалы 7 международного симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования», Пущино, Россия, 19-23 июня 2017. М.: РУДН. – 2017. – С.39-41.

75. Chung I.M., Venkidasamy B., Thiruvengadam M. Nickel oxide nanoparticles cause substantial physiological, phytochemical, and molecular-level changes in Chinese cabbage seedlings // Plant Physiology and Biochemistry. – 2019. – Vol.139. – P.92-101.

76. Короткова А.М., Лебедев С.В., Каюмов Ф.Г., Сизова Е.А. Морфофизиологические изменения у пшеницы (*Triticum vulgare* L.) под влиянием наночастиц металлов (Fe, Cu, Ni) и их оксидов (Fe₃O₄, CuO, NiO). Агробиология. – 2017. – Т.52, №1. – С.172-182.

77. Зотикова А.П., Астафурова Т.П., Буренина А.А., Сучова С.А., Моргалев Ю.Н. Морфофизиологические особенности проростков пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при воздействии наночастиц никеля // Агробиология. – 2018. – Т.53, №3. – С.578-586.

78. Tombuloglua H., Slimani Y., Tombuloglu G., Almessiere M., Baykal A., Ercan I., Sozeri H. Tracking of NiFe₂O₄ nanoparticles in barley (*Hordeum vulgare* L.) and their impact on plant growth, biomass, pigmentation, catalase activity, and mineral uptake // Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management. – 2019. – Vol. 11. – P. 100223.
79. Ahmed M.S., Hassan Y.M., Selim S., AdbElgamad H. NiO-nanoparticles include reduced phytotoxic hazards in wheat (*Triticum aestivum* L.) grown under future climate CO₂ // Chemosphere. – 2019. – Vol. 220. – P.1047-1057.
80. Svetlichnyi V.A., Shabalina A.V., Lapin I.N., Goncharova D.A., Kharlamova T.S., Stadnichenko A.I. Comparative Study of Magnetite Nanoparticles Obtained by Pulsed Laser Ablation in Water and Air // Applied Surface Science. – 2019. – V. 467-468. – P. 402-410.
81. Goncharova D.A., Kharlamova T.S., Lapin I.N., Svetlichnyi V.A. Chemical and morphological evolution of copper NPs obtained by pulsed laser ablation in liquid // Journal of Physical Chemistry C. – 2019. – Vol. 123 (35). – P. 21731–21742.
82. Sakiyama K., Koga K., Seto T., Hirasawa M., Orii T. Formation of size-selected Ni/NiO core-shell particles by pulsed laser ablation // Journal of Physical Chemistry B. – 2004. – Vol.108 (2). – P.523-529.
83. Kim W., Park J., Suh C., Chang H., Lee J. Fabrication of alloy nanopowders by the electrical explosion of electrodeposited wires // Materials Letters. – 2007. – Vol.61 (21). – P.4259-4261.
84. Petrochenko K., Kurovsky A., Godymchuk A., Babenko A., Yakimov Y., Gusev A. A case study of woody leaf litter vermicompost as a promising calcium fertilizer // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2019. – Vol.25. (4). – P. 646-653.
85. Курзина И.А., Годымчук А.Ю., Качаев А.А. Рентгенофазовый анализ нанопорошков. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Отрасли nanoиндустрии. Области применения наноматериалов». – Томск: ТПУ. – 2010.

86. Кендзиро О., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности. – М. Наука, 2006. – 490 с.
87. Hewitt E.J. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition // *Experimental Agricultural*. – 1966. Vol. 3 (2). – P.547.
88. Bellino A., Lofrano G., Carotenuto M., Libralato G., Baldantoni D. Antibiotic effects on seed germination and root development of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2018. – Vol.148. – P. 35-141.
89. Zhu D., Mei Y., Shi Y., Hu D., Ren Y., Gu Q., Shen W., Chen X., Xu L., Huang L. Involvement of glutathione in β -cyclodextrin-hemin complex-induced lateral root formation in tomato seedlings // *Journal of Plant Physiology*. – 2016. – Vol.204. – P.92-100.
90. Danquah A., Zélicourt A., Boudsocq M., Neubauer J., Frey N., Leonhardt N., Pateyron S., Gwinner F., Tamby J., Masia D., Marcote M., Hirt H., Colcombet J. Identification and characterization of an ABA-activated MAP kinase cascade in *Arabidopsis thaliana* // *The Plant Journal*. – 2015. – Vol.82 (2). – P.232-244.
91. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.
92. Edward W., Moore E. V. Studies with ion-exchange calcium electrodes III. The state of serum calcium in patients with cirrhosis // *Gastroenterology*. – 1971. – Vol. 60 (1). – P.43-54.
93. Лемешко Б.Ю., Лемешко С.Б. Сравнительный анализ критериев проверки отклонения распределения от нормального закона // *Метрология*. – 2005. – №2. – С.3-23.
94. Лысцов В.Н., Мурзин Н.В. Проблемы безопасности нанотехнологий. – М.: МИФИ, 2007. – 70 с.
95. О надзоре за продукцией, полученной с использованием нанотехнологий и содержащей наноматериалы. Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2007. – №54. – С.1-4.

96. Jeng H.A., Swanson J. Toxicity of metal oxide nanoparticles in mammalian cells // *Journal of Environmental Science and Health, Part A.* – 2006. – Vol. 41. – №12. – P. 2699-2711.

97. Kunzmann A., Andersson B., Vogt C., Feliu N., Ye F., Gabrielsson S., Toprak M. S., Buerki-Thurnherr T., Laurent S., Vahter M., Krug H., Muhammed M., Scheynius A., Fadeel B. Efficient internalization of silica-coated iron oxide nanoparticles of different sizes by primary human macrophages and dendritic cells // *Toxicology and Applied Pharmacology.* – 2011. – Vol. 253. – № 2. – P.81-93.

98. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.04.2021). [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании "КонсультантПлюс". URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (режим доступа: свободный).

99. ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования. – М.: Издательство стандартов. – 1990. – С. 1-3.

100. Агошков А. И., Трегубенко А. Ю., Вершкова Т. И. Учебное пособие: Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности // Дальневосточный федеральный университет (ДФУ). – М.: Проспект. – 2015. – С. 153-154.

101. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Госкомсанэпиднадзора России. – 1996. – N 21. – С. 1-11.

102. ГОСТ 12.4.113-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы учебные лабораторные. Общие требования безопасности. – М.: Издательство стандартов. – 2003. – С. 1-7.

103. ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2002. – С. 1-9.

104. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ. – 2019. – С. 1-50.
105. СП 51.13330.2011 Защита от шума. – М.: Минрегион России, ОАО "ЦПП". – 2010. – С. 1-50.
106. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Информационно-издательский центр. – 1997. – С. 1-9.
107. СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – N. 16. – 2010. – С. 1-5.
108. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. – М.: Официальный сайт Минстроя России www.minstroyrf.ru. – 2020. – С. 1-92.
109. ГОСТ 30333-2007 Паспорт безопасности химической продукции. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ. – 2008. – С. 1-11.
110. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01 Санитарнозащитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
111. МР 1.2.0024-11. Контроль наноматериалов, применяемых в химической промышленности. Методические рекомендации.
112. ГОСТ ИСО 14644-1-2002. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды.
113. ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.
114. ГН 2.1.5.2280-07 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
115. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве Минздрав России. – 2006.

116. ГОСТ 12.4.034-85. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка.

117. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях. – М.: Министерство природных ресурсов РФ. – 2003. – С.1-8.

118. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ. – 2019. – С. 1-50.

ПРИЛЖЕНИЕ 1. РАЗДЕЛ НА АНЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

CHAPTER 2 MATERIALS AND METHODS

2.1. Research subject

2.1.1. Ni nanoparticles and microparticles

We used three types of nickel particles with the designation Ni-9, Ni-83, Ni-143, obtained by methods described below.

Ni-9 nanoparticles were synthesized in the form of an aqueous suspension in the advanced research laboratory of Tomsk State University by the method of laser ablation.

Ni-83 nanoparticles were obtained by the electric nickel wire explosion in an argon environment at LLC «Advanced Powder Technologies» (Tomsk, Russia) under an overpressure of $1,52 \cdot 10^5$ Pa and the charging voltage of the capacitive storage of 24 kV (conductor diameter is 0,3 mm, length is 75 mm). According to the manufacturer's data, the nanopowder contains at least 99.8% (by weight) of metallic Ni. The arithmetic mean particle size is 70-80 nm, and the specific surface area is 4.5-6.0 m²/g. An oxide layer was applied to the particles in small portions of air in order to stabilize the nanopowders.

Ultradisperse nickel powder (Ni-143) was obtained by aerosol pyrolysis at the Department of Functional Nanosystems and High-Temperature Materials, NUST MISIS (Moscow). A 10% Ni (NO₃)₂ solution, got from nickel nitrate hexohydrate (Ni(NO₃)₂·6(H₂O), grade “pure”), was used as a starting material for obtaining nanostructured NiO microspheres. A dispersed aerosol was generated in a glass with a salt solution using submersible high-frequency ultrasonic generators (1,7-2,2 MHz), which was pumped into a decomposition oven at 1100°C (heating with a step of 50°C/h) until NiO was formed. Then, the oxide was reduced in a stream of hydrogen at a temperature of 250°C with a holding time of 2 hours. Water was used to neutralize corrosive gases (NO₂), and the remaining gases were pulled by pumps.

2.1.2. Ni²⁺ ion solution

The effect of nickel nanoparticles on a biological object was compared with the effect of nickel ions on the same biological object in order to identify the specific effects of nickel nanoparticles. It is worthwhile noting that nickel ions were prepared from 6-aqueous nickel chloride ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, chemically pure grade, all-Union State Standard 4038-79) and distilled water ($\text{pH}=6,11 \pm 0,2$, conductivity $0,2 \mu\text{S}$, Aquadistiller DE-4 TZMOI, Tyumen-Mediko, Russia).

2.1.3. *Wheat seeds*

The test object was wheat seeds of the spring variety Iren (*Triticum aestivum* L.). The variety is early ripening with a growing season of 70-80 days. The mass of 1000 grains is 32-40 g. This variety was previously used in experiments for the evaluation of the root formation at the stage of seed germination. Wheat seeds of the Iren variety, harvest of 2017, provided by the agricultural company "IE Orishchenko" (Tomsk region, Russia) were used in the experiments. The seeds were stored in air-blown containers at $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$ with a humidity of 30-45%.

2.2. Research methods for nanopowders

2.2.1. *X-ray phase analysis*

To determine the phase composition, the method of X-ray phase analysis (XRD) was used. XRF is based on a physical phenomenon - diffraction. In this case, diffraction is understood as the phenomenon of strong scattering of waves on the periodic grating of the scatterer at certain angles of incidence and wavelengths. The simplest case of such a phenomenon occurs when light is scattered by a diffraction grating. A similar phenomenon is observed with X-ray scattering used in X-ray phase analysis, in which the crystal lattice of the phase acts as a scatterer. To carry out qualitative and quantitative phase analysis, modern X-ray equipment is used - X-ray diffractometers, which allows the analysis to be carried out quickly and with high accuracy.

The phase analysis of the samples under study was determined on a Shimadzu XRD-7000S X-ray diffractometer (Japan) at the TPU Nano-Center, Tomsk. Basic research parameters: CuK_β – radiation; high voltage value 40 kV, tube current 30 mA; counter type; oncoming traffic speed 1,5 deg/min; the interval between the

strokes of the marker is 1 degree; dimensions of vertical slots on the tube and meter – 0,15 mm; the analysis was carried out in the range of 10-120 degrees.

2.2.2. *Electron microscopy*

Particle morphology was investigated using scanning and transmission electron microscopy (SEM and TEM).

The SEM method, based on the interaction of an electron beam with a test object, as a result of which the resulting radiation is recorded and converted into electrical signals, was implemented using a Merlin scanning electron microscope (Carl Zeiss, Germany) at the Research Center. and the Center for the Development of Nanotechnologies and Nanomaterials of the Tambov State University named after G.R.Derzhavin (Tambov).

Before shooting, a carbon film was sprayed onto the powder, which was deposited in a thin layer on a conductive tape; The survey was carried out at an accelerating voltage of 0,1...20 kV.

TEM images were obtained on a JEM-1400 transmission electron microscope (Jeol, Japan, Research Center for Nanotechnologies and Nanomaterials, Tomsk Polytechnic University, Tomsk) with a resolution of 0,24 nm, the maximum accelerating voltage is 200 kV. All measurements were carried out at an accelerating voltage of 120 kV.

The resulting TEM and SEM images were processed by the palette method, measuring the size of at least 100 particles, which were used to plot the particle size distribution to further determine the distribution range and arithmetic mean particle size. The result of the analysis of the obtained images was the curve of the granulometric composition. The numerical distribution of particles was used to calculate the average particle size (d_{av}) according to the formula (2.1):

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

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

2.2.3. *Low temperature nitrogen adsorption method (BET method)*

The most commonly used method for determining the specific surface area of powder materials is the BET (Brunauer-Emmett-Teller) method, which is based on measuring the amount of adsorbed gas (for example, liquid nitrogen, 77K) by the surface of a particle.

The specific surface area of the studied powders was determined using a BET analyzer: a dynamic-type specific surface area and porosity analyzer; Exemplary thermal training station "Sorbi"; "SorbiPrep" META (Russia) at TPU Nanocenter, Tomsk. The measurement error was 0,02 m²/g. The measurement was carried out twice. The calculation of the average surface size of particles was carried out by the formula (2.2):

$$d = \frac{6}{\rho \cdot S_{sp}}, \quad (2.2)$$

where d is the average surface diameter, m; ρ is the density of the material; S_{sp} is the specific surface area of the powders, m²/g.

2.3. Investigation of the physicochemical properties of nanoparticles

2.3.1. Dispersion medium: Hewitt nutrient solution

The base for preparing nanoparticles suspensions and for nickel-chloride solutions was Hewitt-solution. This is an universal and acknowledged hidroponic nutrient solution with summary macroelement concentration 18 mEq/l. It is widely used in physiological experiments under plant water-culture conditions (Tab.2.1). Hewitt-solution was a control variant of seeds-germination medium. Nutrient solution was prepared with use of distilled water (pH=6,11±0,2, EC=0,2mkS, Aquadistiller DE-4 TZMOI, Tyumen-Mediko, Russia).

Table 2.1. Hewitt Nutrient Solution Composition

Macrocomponents of the solution	Concentration, mEq/l	Microcomponents of the solution	Concentration, Mol/l
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	8	CuSO ₄ ·5H ₂ O	~ 10 ⁻⁶
KH ₂ PO ₄	2	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	~ 10 ⁻⁶
K ₂ HPO ₄ ·3H ₂ O	2	(NH ₄) ₂ MoO ₄	~ 10 ⁻⁶
KNO ₃	2	MnSO ₄	~ 10 ⁻⁵
MgSO ₄ ·7H ₂ O	3	H ₃ BO ₃	5·10 ⁻⁵
NH ₄ NO ₃	1	Хелат Fe	5·10 ⁻⁵

2.3.2. Investigation of the dispersion properties of suspensions.

Disperse analysis of suspensions was carried out by laser diffraction on a SALD-7101 diffraction particle size analyzer (Shimadzu, Japan). The analysis of dispersed systems of solid particles in a liquid medium by the laser diffraction method is based on the phenomenon of light scattering by a solid or liquid particle, which is observed when illuminated by laser radiation.

In the course of the analysis, we took a weighed portion of the powder and prepared a suspension based on the Hewitt solution. The suspension was poured into a mixing bath. The NP suspension was fed from a mixer into a flow-through measuring cell. Aggregation resistance was measured in 3 replicates. The measurement result was a particle size distribution curve. The numerical distribution of particles was used to calculate the average particle size (d_{av}) according to the formula (2.1).

2.4. Investigation of the biological action of nanoparticles

Laboratory dishes and accessories (scissors, beakers, etc) in 2% HNO₃ was sterilized during 24 hours. After sterilization all accessories in distilled water three times were washed.

2.4.1. Preparation of suspensions and solutions

The concentration of Ni in suspensions and solutions in the first experiment was 30...1000 mg/l (Experiment №1), in the second – 3...300 mg/l (Experiment №2). Nanoparticles-suspensions and solutions with needed concentrations of nickel by weighing on electronic scales in 50-ml plastic containers was preparing. The Weighed substances in needed volumes of Hewitt-solution were dissolved. In experiments with low concentrations of nickel (3...250 mg/l) method, gradual dilution (from initial concentration 250 mg/l) was used. All nanoparticle-suspensions, nickel-solutions and Hewitt-solution in ultrasonic bath GRAD 28-35 (Grade Technology, Russia, 55 W for 30 min at 25±2°C) were processed.

The experiments studied such biometric properties as the length of roots of two-day-old seedlings (L, mm), the degree of suppression/stimulation of roots (± RI,%), the energy of seed germination (GE,%), the total length of roots and shoots

for each plant after a long experiment (ΣLR and ΣLS , respectively, mm). In addition, the physiological parameters of shoots were assessed: the content of K^+ and NO_3^- ions in tissue extracts (CK^+ , NO_3^- , respectively, mEq/l) and electrical conductivity (EC, $\mu S \cdot cm^{-1}$).

Determination of the root length of a 2-day-old seedling and the degree of suppression. In glass Petri dishes 90 mm in diameter, 25 wheat seeds were placed on filter paper, which was moistened with 7 ml of germination medium (Fig. 2.1a). Petri dishes, covered with lids, were wrapped in plastic wrap, placed in a thermostat with dry air, and incubated for 48h at $25 \pm 0,1^\circ C$. At the end of the exposure, the seedlings were removed from the Petri dishes, laid out on a dark textile material (Fig. 2.1b) slightly moistened with water, and photographed for subsequent computer morphometry using the ImageJ program (Fig. 2.1c). The error of this version of measurements using computer morphometry does not exceed 2%. A ruler with an accuracy of 0.5 mm was used to calibrate the images. In scientific research, ImageJ is widely used for computer morphometry in the fields of plant physiology and ecotoxicology. The measurement result was the value of the root length of 2-day-old seedlings (L , mm). The obtained length of seedlings was used to calculate the degree of root suppression / stimulation (RI,%) according to the formula:

$$RI = \frac{L_0 - L_1}{L_0} * 100\% \quad (2.3)$$

where L_1 and L_0 are the average length of the seedling root in the sample medium and in the control medium, respectively.

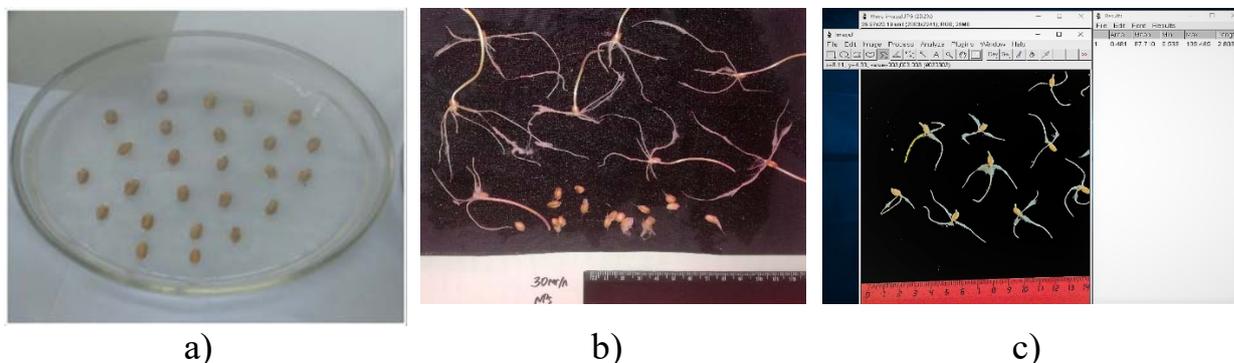


Figure 2.1. Seeds for germination (a), germinated seeds for photography (b), and ImageJ interface with an analyzed image (c).

A modified method for determining the germination energy of wheat seeds.

The technique is based on GOST №12038-84. However, to meet the speed, accuracy, and standardization requirements for scientific experiments, we have made the following changes:

- 1) wheat seeds were germinated not in growers, but in Petri dishes;
- 2) 25 seeds were placed in a Petri dish, not 100 (as per GOST);
- 3) the seeds were spread on one layer of filter paper moistened with 7 ml of germination medium;
- 4) the germination temperature was maintained by keeping the Petri dishes in a dry air thermostat at a level of $25 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$;
- 5) on the basis of paragraph 4, the time for determining the germination energy was reduced by 24 hours and amounted to 48 hours (instead of 72 hours according to GOST).

At the end of 2-day seed germination, the germination energy was determined as the ratio of germinated and non-germinating seeds in%. According to GOST №12038-84, seeds with at least two normally developed roots longer than the seed were considered to be normally germinated.

Determination of root and shoot length after prolonged exposure. At the end of the two-day exposure, 10 seedlings of the same size were selected from each Petri dish. Then the seedlings were placed in special vessels for growing (Fig. 2.2 and 2.3), consisting of 2 parts: an outer glass and a smaller inner glass with 10 holes along the perimeter at the bottom.

In experiment №1, a large glass was filled with Hewitt's solution, in experiment №2 – with distilled water with the addition of NPs so that the holes in the inner glass along the perimeter were filled with a solution, but the bottom of the inner glass was filled with a solution. the glass remained dry. Wheat seedlings were alternately laid out between the holes. The prepared cultivation vessels were closed with lids and placed in a small open, partially homeostatic phytochamber. A small-sized phytochamber was a metal platform on a laboratory bench with an area of 1m^2 , along the perimeter of which six ebonite lamps with LED lamps were installed. Each

lamp had a power of 15 W, which corresponds to the power of a 135 W incandescent lamp. Luminous flux of one lamp is 1350 lm. Thus, the total luminous flux of the installation was 8100 lm. The color temperature of the lamps is 3000 K. The light installation is equipped with a mechanical timer that ensures the constancy of the day/night mode – 16h/8h. The temperature in the room with the installed camera was maintained within 20-22°C by adjusting the climate control system. After two days, the caps were removed and the length of the vessel was increased with the help of supporting caps (Fig. 2.3). The support cap is a long plastic cup without a bottom that fits over the growing container and supports the wheat germ, preventing the tuft of wheat germ from rotting.

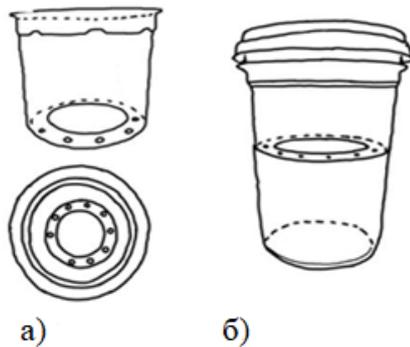


Figure 2.2. Scheme of a container for hydroponic growing of seedlings: a) inner glass in two projections; b) complete vessel.

Figure 2.3. Wheat sprouts are grown in growing containers with supporting lids.

Thus, the time of growing seeds before the formation of seedlings in Petri dishes was 2 days, the subsequent growing of seedlings in a phytochamber was 7 days, and the total growing time from soaking the seeds to collecting plant biomass for analysis was 9 days. As a result of the 9-day experiment, the values $\sum LR$ and $\sum LS$ were obtained (the designations were introduced above), calculated by the formulas:

$$\sum L_R, \sum L_S = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_n}{n}, \quad (2.4)$$

where $L_1...L_n$ is the length of each individual root or each shoot element (taking into account branching), n is the total number of individual roots or shoot elements, respectively.

2.4.3. Determination of the physiological parameters of seedlings

To determine the physiological parameters, it was necessary to prepare water extracts from the roots and shoots. After 9 days of growing seedlings, the roots and shoots were separated, dried in an oven at 105°C for 12h, and used to prepare aqueous extracts. A weighed portion (~ 0,5 g) was ground with a pestle in a porcelain mortar and diluted 200 times (by dry weight) with distilled water. Then they were poured into dark glass vials, closed with a lid, shaken for 1 h on a shaker at 150 rpm, and left in a room at room temperature for extraction. One day later, the state of mineral nutrition of wheat seedlings was determined in extracts by measuring the electrical conductivity of the extracts and the content of K^+ and NO_3^- ions in tissues.

The concentration of K^+ and NO_3^- ions and the pH value in aqueous extracts were determined by the potentiometric method. The measurements were performed on an IPL-103 ionometer (Multitest, Russia) equipped with ELIS-121K ion-selective electrodes (for measuring K^+ activity) or ELIS-121NO3 (for NO_3^-), and an EVL-1M3.1 reference electrode. and a glass electrode ESL-43-07 for measuring pH (all electrodes are manufactured by NPP "Semiko", Russia). The detection limits for K^+ and NO_3^- ions were 10^{-5} and 10^{-4} mol/L, respectively. The electrical conductivity was measured with a portable conductometer Dist-3 (HANNA Instruments, USA). The relative measurement error did not exceed 2%. The elemental composition of roots and seedlings was determined by energy dispersive X-ray analysis (EDX) on an EDX SDM-X-Act 10 mm² analyzer installed on a Vega 3SB scanning electron microscope (Tescan, Czech Republic). The study resulted in EDX spectra with peaks corresponding to chemical elements and quantitative distribution of elements at the sampling point. Element detection limit 0,01%.

All experiments were performed in 3 replicates based on the minimum sample size requirements analyzed by parametric statistics methods. The analysis of the normality of all studied samples, carried out according to the modified Shapiro-Wilk

test, did not contradict the use of parametric statistical tests. Statistical processing included the calculation of the arithmetic mean, standard errors of the arithmetic mean, 95% confidence intervals for the arithmetic mean and one-way analysis of variance (ANOVA). The influence of the factor was considered statistically significant at $p < 0.05$. All these statistical procedures were performed in the Microsoft Excel 2016 spreadsheet editor.