

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 – Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Особенности агрегации наночастиц никеля в почвенном растворе

УДК 544.77:546.74

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б82	Сюй Фаньцзе		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень	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	Подпись	Дата
Доцент отделения социально- гуманитарных наук	Кащук И.В.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2022 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-2	Способен использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях
ОПК(У)-3	Готов применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен сочетать теорию и практику для решения инженерных задач
ОПК(У)-5	Способен применять в практической деятельности принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов
ПК(У)-2	Способен осуществлять сбор данных, изучать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию по тематике исследования, разработке и использованию технической документации, основным нормативным документам по вопросам интеллектуальной собственности, подготовке документов к патентованию, оформлению ноу-хау
ПК(У)-3	Готов использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов
ПК(У)-4	Способен использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации

Код	Наименование компетенции
ПК(У)-5	Готов выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации
ПК(У)-6	Способен использовать на практике современные представления о влиянии микро - и нано- структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями
ПК(У)-7	Способен выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов
ПК(У)-8	Готов исполнять основные требования делопроизводства применительно к записям и протоколам; оформлять проектную и рабочую техническую документацию в соответствии с нормативными документами
ПК(У)-9	Готов участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами

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 – Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Ваулина О.Ю.
 « ____ » _____ 2022 г.

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
154Б82	Сюй Фаныцзе

Тема работы:

Влияние состава и свойств наночастиц на их растворимость в биологической среде	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 59-87/с от 08.01.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1) Литературные источники: базы данных www.sciencedirect.com . 2) Объекты исследования: наночастицы никеля разной дисперсности 3) Экспериментальные данные, полученные в лаборатории НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии» отделения материаловедения Томского политехнического университета и на кафедре функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС». 4) Требования к продукту: зависимости, демонстрирующие влияние размера на кинетику агрегации наночастиц никеля в почвенном буфере, полученные с помощью метода динамического рассеяния света и электронной микроскопии.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) Провести обзор литературы о свойствах, методах получения и применении наночастиц никеля, классификации и агрегации дисперсных систем. 2) Провести дисперсионный анализ наночастиц никеля методом электронной микроскопии. 3) Показать влияние размера частиц и времени выдерживания на коллоидные свойства наночастиц никеля в почвенном буфере методом динамического рассеяния света.

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

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	08.01.2022 г
---	--------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б82	Сюй Фаньцзе		

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 – Отделение материаловедения
 Уровень образования – Бакалавриат
 Период выполнения – Весенний семестр 2021/2022 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2022 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела	Максимальный балл раздела
10.05.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
10.05.2022	Социальная ответственность	10
20.05.2022	Основная часть	75

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б82	Сюй Фаныцзе

Школа	ИШНПТ	Отделение	ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Особенности агрегации наночастиц никеля в почвенном растворе

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук	Кащук И.В.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б82	Сюй Фаныцзе		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б82	Сюй Фаньцзе

Школа	ИШНПТ	Отделение	ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Особенности агрегации наночастиц никеля в почвенном растворе

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	
1.1. специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;	
1.2. организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	
2. Производственная безопасность:	
2.1. анализ выявленных вредных и опасных факторов	
2.2. обоснование мероприятий по снижению воздействия	
3. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы), гидросферу (сбросы) и литосферу (отходы).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Пожар

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.04.2022 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б82	Сюй Фаньцзе		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа: 70 страниц, 27 рисунка, 21 таблицы, 60 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: наночастицы никеля, почвенная среда, суспензии, агрегация, распределение частиц по размерам, средний размер частиц, дзета потенциал, динамическое рассеяние света, электронная микроскопия.

Объектом исследования являются наночастицы никеля.

Целью работы являлось определение влияние размера наночастиц никеля на кинетику их агрегации в почвенном растворе.

В работе приводятся данные, показывающие влияние размера наночастиц никеля (6, 70 и 180 нм) на кинетику их агрегации (размер, дзета-потенциал) в питательном растворе Хьюитта с суммарной концентрацией макроэлементов 18 мг-экв/л с помощью метода динамического рассеяния света, рН-метрии и методов сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии.

Экспериментальная процедура показывает влияние размера наночастиц никеля на кинетику их агрегации (изменение размера) и стабильность (дзета-потенциал) в почвенных растворах.

Область применения результатов: полученные зависимости актуальны для разработки методик оценки влияния наночастиц разного состава на высшие растения на стадии корнеобразования.

В будущем планируется изучение биологических свойств наночастиц.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	12
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	13
1.1. Наночастицы никеля	13
<i>1.1.1. Свойства наночастиц никеля</i>	<i>13</i>
<i>1.1.2. Методы получения и применение наночастиц никеля</i>	<i>14</i>
<i>1.1.3. Применение наночастиц никеля</i>	<i>15</i>
1.2. Дисперсные системы	16
<i>1.2.1. Определение и классификация дисперсных систем</i>	<i>16</i>
<i>1.2.2. Агрегация наночастиц металлов в водных растворах</i>	<i>16</i>
1.3. Метод динамического рассеяния света	18
<i>1.3.1. Суть метода</i>	<i>18</i>
<i>1.3.2. Применение метода</i>	<i>20</i>
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	22
2.1. Объекты исследования - наночастицы никеля	22
2.2. Дисперсионный анализ исходных наночастиц	23
2.3. Приготовление суспензий	25
2.4. Дисперсионный анализ суспензий	26
2.5. Метод рН-метрии	26
3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	28
3.1. Характеристика объектов исследования	28
3.2. Кислотно-основные свойства наночастиц в суспензии	29
3.3. Агрегация наночастиц в почвенном буфере	30
<i>3.3.1. Влияние времени выдерживания на агрегацию</i>	<i>30</i>
<i>3.3.2. Влияние размера наночастиц на агрегацию</i>	<i>33</i>
3.4. Выводы	35

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	37
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности исследований	37
4.1.1. Анализ конкурентных технических решений	37
4.1.2. SWOT-анализ	38
4.2. Планирование научно-исследовательских работ	41
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования	41
4.2.2. Разработка графика проведения научного исследования	41
4.2.3 Бюджет научно-технического исследования	44
4.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	49
4.4. Выводы	51
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	53
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	53
5.2. Производственная безопасность	54
5.2.1. Анализ показателей шума	56
5.2.2. Анализ показателей микроклимата	58
5.3. Экологическая безопасность	59
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	60
5.5. Выводы	61
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА	63
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	64

ВВЕДЕНИЕ

Наночастицы никеля (Ni) применяются в биомедицине, металлургии, сельском хозяйстве и электронике [1], поэтому их производство будет расти. Чем больше производство, тем больше шансов у наночастиц попасть в окружающую среду. При накоплении в почве наночастиц Ni могут быть токсичными для бактерий [2] и растений [3]. Поэтому изучение поведения наночастиц в окружающей среде крайне важно.

Известно, что на фитотоксичность большое влияние оказывает размер наночастиц [4], который сильно зависит от состава среды [5,6,7], в которой они находятся, а также может изменяться во времени [8]. Можно предположить, что информация о размере частиц при их попадании в почвенную среду может быть полезна с точки зрения прогнозирования их биологических свойств. Поэтому изучение агрегации наночастиц в жидких средах, включая почвенные среды, является важной задачей в нанотоксикологии.

Целью выпускной квалификационной работы являлось определение влияния размера наночастиц никеля на кинетику их агрегации в почвенном растворе.

Для достижения цели должны быть выполнены следующие **задачи**:

- 1) Провести обзор литературы о свойствах, методах получения и применении наночастиц никеля и классификации и агрегации дисперсных систем.
- 2) Провести дисперсионный анализ наночастиц никеля методом электронной микроскопии.
- 3) Показать влияние размера частиц на кинетику агрегации наночастиц никеля в почвенном буфере методом динамического рассеяния света.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Наночастицы никеля

1.1.1. Свойства наночастиц никеля

К наноматериалам относят объекты, один из характерных размеров которых лежит в интервале от 1 до 100 нм [9]. Наночастицами называют частицы, размеры которых во всех направлениях не превышают 100 нм.

Атомы никеля расположены объемно-центрированной кубической плотноупакованной стопкой, а параметр элементарной ячейки равен $a=0,3534$ нм. Никелевый элемент обладает хорошими антиокислительными характеристиками, а элемент имеет хорошие магнитные свойства при комнатной температуре: коэрцитивная способность объемного никелевого элемента составляет 100 э, а интенсивность магнитного насыщения составляет 58 эме/г. А поскольку никель является магнитомягким материалом, его магнитокристаллическая анизотропия невелика [10].

Исследования показали, что никелевые наночастицы обладают отличными показателями магнитных [11], каталитических [12] и электропроводность и другие свойства [13]. На рисунке 1.1 приведены примеры наночастиц никеля, синтезированные в разных работах.

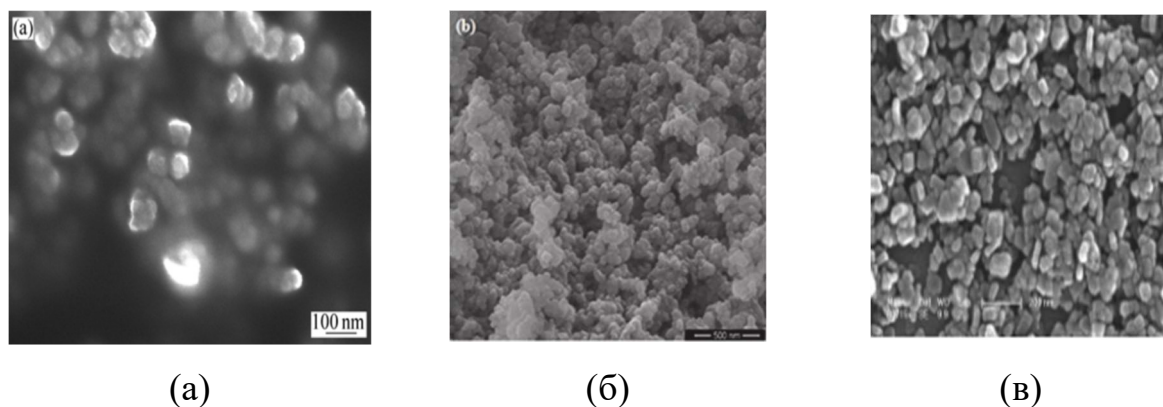


Рисунок 1.1. Наночастицы Ni (a) [14], NiO (б) [15] и Ni(OH)₂ (в) [16].

1.1.2. Методы получения и применение наночастиц никеля

Среди способов получения наночастиц никеля выделяются метод испарения и конденсации, механического измельчения и золь-гель метод.

Метод испарения-конденсации является одним из основных физических методов получения нанопорошков, который может быть успешно применен для получения различных типов нанопорошков, таких как металлы, сплавы и оксиды металлов [17]. Температура испарения металлического никеля составляет $>1000^{\circ}\text{C}$. Чтобы снизить температуру испарения, в условиях низкого вакуума используются высокотемпературные источники тепла, такие как дуговой разряд, высокочастотное электрическое поле или плазма для нагревания металлического никеля. Когда никель испаряется, его затем быстро охлаждают, чтобы получить наночастицы никеля [18]. С помощью этого подхода были получены наночастицы никеля с размерами 20 и 50 нм. В зависимости от условий авторы получали наночастицы никеля, покрытые слоем гидроксида, путем испарения никеля в высоком вакууме, осаждения и последующей выдержки на воздухе [17].

В методе лазерной абляции технология фемтосекундного лазера позволяет осуществлять специфическую модификацию поверхности различных материалов, включая металлы, и может использоваться для получения металлических наночастиц [19]. Мишень из никеля подвергается абляции в инертном газе, а мощный лазер фокусируется линзой для получения на подложке очень высокой пиковой мощности, превышающей 108 Вт/см^2 . Следовательно, можно эффективно генерировать наночастицы никеля с высокой температурой плавления. Согласно условиям, автор поместил никелевую подложку в камеру защитного газа, спроецировал лазерный луч сверху камеры защитного газа на мишень. Сформированные частицы с размером 40...66 нм отгонялись аргоном.

Золь-гель метод заключается в использовании поверхностно-активных веществ в качестве комплексообразователя для сложных алкоксидов металлов

или легко разлагаемых неорганических солей в водном растворе и для получения однородных компонентов посредством реакции гидролиза-полимеризации. Золь далее обезвоживается с образованием сухого геля, а органические компоненты в прокаленном комплексе разлагаются с образованием наночастиц NiO, которые затем восстанавливаются с получением наночастиц Ni [20]. Например, в работе [21] были получены наночастицы Ni с размерами 20 и 60 нм. В исследовании авторы готовили гель-методом в двух кислых и основных средах с разными прекурсорами (гексагидрат нитрата никеля и гексагидрат хлорида никеля) и при оптимальной температуре с близкими концентрациями.

1.1.3. Применение наночастиц никеля

В последнее десятилетие наночастицы Ni привлекли большое внимание в связи с его потенциальной практической ценностью.

Наноматериалы из никеля используются в неферментативном сенсоре глюкозы в качестве электродов сенсора. Например, наночастицы Ni с размером 30 нм [22] проявляют хорошую электрохимическую и электрокаталитическую активность в течение всей реакции электролитического окисления винограда [23]. Более того, благодаря добавлению наноматериалов никеля также эффективно устраняется влияние мешающих веществ, таких как аскорбиновая кислота и мочева кислота, образующихся в ходе всей реакции.

Другое применение наночастиц Ni – это биомедицинские устройства. Так, частицы с размером 200 нм использовали в клинических применениях по отношению к клеткам макрофагов [24].

Также из наночастиц Ni производят материалы для поглощения электромагнитных волн и шума для применения в военной промышленности и повседневной жизни людей [25]. Наноматериалы из никеля могут поглощать электромагнитные волны с частотами от 8,5 до 12,5 ГГц. В качестве шумопоглощающего материала в эксперименте децибелы шума значительно

снижались после прохождения шумовой волны через тонкую пластину из никелевых наноматериалов.

Также наночастицы никеля перспективны для изготовления водородных топливных элементов, как было показано на примере наночастиц Ni с размером 70 нм [26].

1.2. Дисперсные системы

1.2.1. Определение и классификация дисперсных систем

Дисперсная система – это система, в которой одно или несколько веществ диспергированы в другой среде, называется дисперсионной системой [27]. Дисперсное вещество обычно называют дисперсной фазой, а вещество, которое диспергирует, дисперсионной средой. Например, капельки сливок в молоке диспергируются в воде, пигменты диспергируются в органических жидкостях с образованием краски и так далее.

Дисперсные системы можно разделить на гомогенные и гетерогенные системы. Гомогенные системы – это системы, в которых вещества диспергированы или смешаны друг с другом в молекулярной форме. Межфазная граница между дисперсной фазой и дисперсионной средой такой системы отсутствует, и она является термодинамически устойчивой системой [27]. Гетерогенная система – гетерогенная система, в которой вещества диспергированы в дисперсионной среде в виде микрофазы.

В зависимости от агрегатного состояния дисперсионной среды и дисперсной фазы дисперсные системы классифицируют на аэрозоли (газ+тв, пример: пыль в воздухе), жидкие золи (например, коллоидный раствор гидроксида алюминия), твердые золи (например, цветное стекло) [28].

По размеру дисперсной фазы дисперсные системы разделяют на крупнодисперсную (размер частиц >100 нм), коллоидную (размер частиц: 1-100 нм) и молекулярную дисперсную систему (размер частиц <1 нм) [29].

1.2.2 Агрегация наночастиц металлов в водных растворах

При попадании в водные среды наночастицы образуют дисперсные системы, называемые лиозолями и суспензиями. Благодаря малому размеру частиц наночастицы имеют большую удельную поверхность и высокую поверхностную энергию, а частицы легко агломерируются. Агрегации таких систем посвящено много работ.

Агломерация частиц относится к формированию сообществ в приостановка и представляет собой механизм, приводящий к функциональной дестабилизации коллоидной системы. Во время этого процесса частицы, диспергированные в жидкой фазе, прилипают друг к другу и самопроизвольно образуют нерегулярные скопления частиц, хлопья или агломераты [30]. Литературный обзор показал, что агрегация наночастиц зависят от способа перемешивания, pH среды, концентрации и размера наночастиц, а также ПАВ и электролитов (табл.1.1).

Таблица 1.1. Агрегация наночастиц в водных средах

Наночастицы	Экспериментальные условия	Основной результат	ссылка
CuO Размер 30 нм ZnO Размер 70 нм	Среда: озерная вода с содержанием растворенных веществ (фосфор и азот (от 13,2 до 34,5 мг/л) pH=7,5 – 8,2	Токсическое действие наночастиц CuO и ZnO в природной воде связано с растворенными ионами металлов. Чем ниже содержание ионов, тем сильнее агрегация наночастиц.	[31]
ZnO Размер 20 нм	Среда: раствор гуминовых кислот реки Суванни (ГК), pH=8,4. Добавьте NaCl, чтобы поддерживать ионную силу раствора ГК на уровне 10^{-3} м.	При снижении pH анионы в растворе ГК быстро адсорбировались на положительно заряженных наночастиц ZnO, что способствовало их агрегации.	[32]
Cu C@Cu Размер 25 нм	Среда: СТАВ 0,09 мМ (бромид цетилтриметил-аммония) В присутствии и в отсутствие гуминовых кислот (ГК) [ГК]= 0...15 мг/л [Cu]= 100 мг/л, УЗ (30 Вт, 10 мин)	Увеличение концентрации ГК при pH=5,5 подавило агрегацию, но усиливало растворение Cu наночастиц	[33]

Наночастицы	Экспериментальные условия	Основной результат	ссылка
TiO ₂ Размер 5 нм	Среда: раствор гуминовой кислоты (ГК) содержит ион тяжелого металла Pb ²⁺ (12 ммоль/л), pH=5,5 Концентрация суспензии TiO ₂ поддерживается на уровне 800 мг/л.	В водной среде наночастицы TiO ₂ будут взаимодействовать с ГК посредством электростатического притяжения и обмена лигандами, вызывая агрегацию наночастиц TiO ₂ .	[34]
FeO Размер 20 нм	Среда: гуминовые кислоты реки Суванни (ГК), pH=4.4	Повышенный поверхностный заряд при адсорбции ГК, ослабляет агрегацию наночастиц со временем, агрегация ослабляется со временем по мере увеличения концентрации ГК.	[35]

Также размер частиц, влияя на общую свободную поверхностную энергию наночастиц, изменяет движущую силу растворения наночастиц. В ряде работ показано, что наночастиц малого размера имеют тенденцию больше растворяться чем наночастиц большего размера. Например, для ZnS наночастиц в растворе EDTA (этилендиамин-тетрауксусная кислота) частицы с радиусом >3 нм не будут растворяться, а частицы с радиусом < 1 нм будут растворяться [36].

Таким образом, на основе литературного обзора было показано, что агрегация наночастиц зависит от времени выдерживания и состава окружающей среды. Полученные результаты являются хорошими предпосылками для планирования экспериментальных работ по изучению агрегации наночастиц, а также для прогнозирования фитотоксичности наночастиц при их попадании в почвенные среды.

1.3. Метод динамического рассеяния света

1.3.1. Суть метода

Динамическое рассеяние света (ДРС), также известное как фотонная корреляционная спектроскопия или квазиупругое рассеяние света, представляет собой метод физической характеристики, используемый для

измерения распределения частиц по размерам в растворе или суспензии. Его также можно использовать для измерения поведения сложных жидкостей, таких как концентрированные растворы полимеров [37].

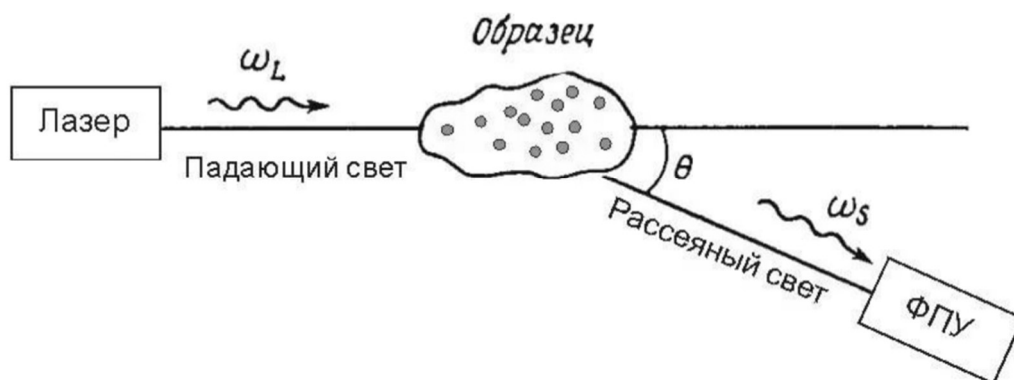


Рисунок 1.2. Принцип динамического рассеяния света, перевод – Сюй Фаньцзе [37].

Когда свет попадает на маленькую частицу, размер которой намного меньше ее длины волны, он рассеивается во всех направлениях (рэлеевское рассеяние). Если источником света является лазер в определенном направлении, мы можем наблюдать, что интенсивность рассеянного света колеблется со временем. Это связано с тем, что крошечные частицы в растворе совершают броуновское движение, а расстояние между каждой рассеянной частицей всегда изменяется со временем. Рассеянный свет от разных частиц создает конструктивную или деструктивную интерференцию из-за разных фаз. Полученная кривая флуктуаций интенсивности во времени несет информацию о движении частиц, которые вызывают рассеяние во времени. На эксперименты по динамическому рассеянию света легко влияет пыль или примеси, поэтому фильтрация и центрифугирование образцов очень важны [38].

Информация о движении частицы может быть получена из автокорреляционной функции интенсивности рассеянного света, зарегистрированной в эксперименте. Функция автокорреляционной кривой второго порядка получается по формуле (1.1):

$$g^2(q; \tau) = \frac{\langle I(t)I(t + \tau) \rangle}{\langle I(t) \rangle^2}, \quad (1.1)$$

Здесь автокорреляционная функция выбранного волнового вектора q , T – время задержки, I – интенсивность рассеянного света. Когда время задержки короче, корреляция выше, потому что расстояние перемещения частиц мало. Следовательно, нет существенной разницы между двумя сигналами с небольшой разницей во времени. Когда время задержки велико, корреляция показывает тенденцию к экспоненциальному затуханию, что означает, что по прошествии длительного времени корреляция между интенсивностью рассеянного света двух наборов сигналов отсутствует.

Пример технических показателей прибора Z2009-0199 (Wyatt NanoStar, Китай), использующего метод ДРС: длина волны лазера 658 нм, мощность лазера регулируемая 0-100 мВт; угол рассеяния 90°; диапазон температур 20-70°С; минимальная концентрация химического раствора: 0,05 мг/мл; диапазон размеров частиц 0,5...1000 нм.

ДРС света используется для определения размера белков, полимеров, мицелл, сахаров и наночастиц. ДРС также можно использовать для исследований стабильности. Измеряя распределение частиц по размерам в разное время, он может показать тенденцию частиц к агрегации с течением времени. По мере агрегации мелких частиц появляется больше частиц с большим размером частиц. Аналогичным образом, ДРС можно также использовать для анализа влияния температуры на стабильность [38].

1.3.2. Применение метода

Исследователями активно применяется метод ДРС для изучения дисперсионных и электрокинетических свойств наночастиц в водных суспензиях.

Наночастицы благородных металлов обладают уникальными плазмонными свойствами, такими как рассеяние и поглощение света, которые

можно изменять, изменяя их форму, размер, химический состав и однородный диэлектрик. Чтобы изменить диэлектрическую проницаемость, необходимы металлические нанокластеры (НК). на квантовое ограничение эффекта и проявление фотолюминесценции и молекулярно-подобных свойств. Так, для металлических наночастиц (золота или серебра, 260 нм ...1 мкм), покрытых декстраном, было получено мономодальное распределение, в котором 70% наночастиц ≤ 400 нм (рис.1.3), тогда как частицы с диаметром от 400 нм до 1 мкм составляют только 30% образца [39].

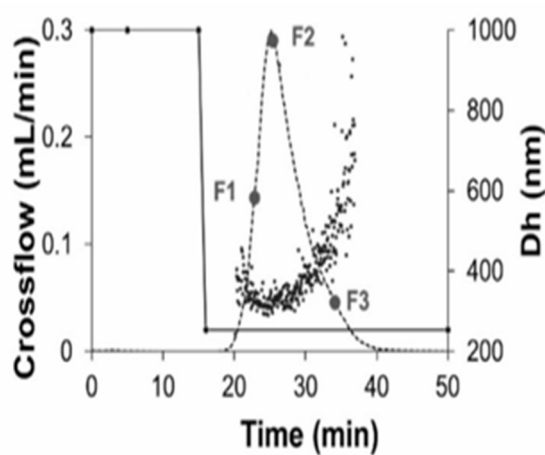


Рисунок 1.3. Распределение наночастиц по размерам [39].

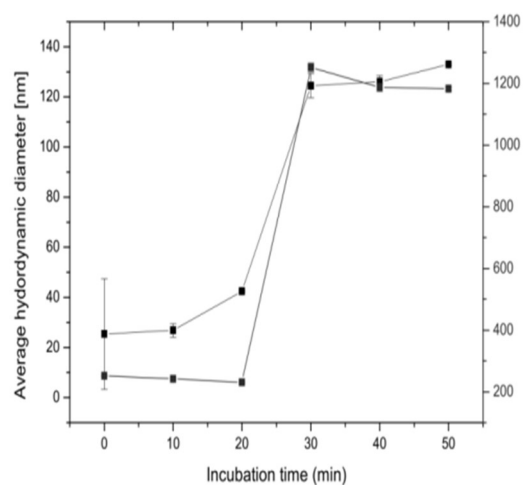


Рисунок 1.4. Кинетика агрегации наночастиц Au в растворе ацетилхолина [40].

На рисунке 1.4 показано изменение среднего размера для наночастиц Au (18...140 нм) в растворе ацетилхолина (pH=7,4) в течение 30 мин при 37°C [40]. Авторы установили, что размер наночастиц значительно увеличивается со временем в диапазоне 25...140 нм.

В другой работе показана агрегация наночастиц Au 50...400 нм, при которой средний диаметр линейно уменьшается со временем [41].

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

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

Целью итоговой работы по идентификации была оценка агрегационных свойств наночастиц никеля в почвенных растворах.

4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности исследований

4.1.1. Анализ конкурентных технических решений

В процесс исследования рассматривались две конкурирующие разработки:

- 1) Исследование поведения наночастиц оксида меди в поверхностных водах [49]
- 2) Поведение наночастиц меди в окружающей среде [50]

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

Таблице 4.1 – Сравнение конкурентных разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Токсичность для растений	0,15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
2. Токсичность для окружающей среды	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,6
3. Содействие роста корней растений	0,12	4	2	4	0,48	0,24	0,48
4. Содействие прорастания семян растений	0,12	4	3	4	0,48	0,36	0,48
5. Простота	0,06	5	5	5	0,3	0,3	0,3
6. Эффективность работы	0,06	4	4	4	0,24	0,24	0,24
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Реализация продукта	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
2. Уровень охвата рынка	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
3. Предполагаемая цена	0,08	4	5	4	0,32	0,4	0,32
4. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
5. Срок выхода на рынок	0,06	4	4	4	0,24	0,24	0,24
Итого	1	46	43	44	4,31	3,98	4,06

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

4.1.2. SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта проведен SWOT-анализ, где детально продуманы сильные и слабые стороны научно-технической разработки. На втором этапе проведения SWOT-анализа

составлены интерактивные матрицы проекта, в которых осуществлено выполнение анализа соответствия параметров SWOT каждого с каждым (табл.4.2).

Таблица 4.2 – Возможности проекта и сильные стороны

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

Таблица 4.3 – Возможности проекта и слабые стороны

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

Таблица 4.4 – Угрозы проекта и сильные стороны

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

Таблица 4.5 – Угрозы проекта и слабые стороны

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

Результаты выполнения SWOT-анализа представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 –Результаты SWOT-анализа

Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Низкая стоимость исходного сырья С2. Наличие широкой потребительской базы С3. Взаимосвязи ТПУ с потенциальными заказчиками С4. ТПУ – один из ведущих вузов в области разработки нанотехнологий С5. Высокая квалификация сотрудников и научных работников		Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Токсичность материала для окружающей среды Сл2. Невысокие объемы производства Сл3. Риск нарушения правил безопасности и возникновения различных непредвиденных ситуаций Сл4. Большой срок поставок материала, используемого при проведении научного исследования
Возможности В1. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Развитие производства и рост объемов продукции В4. Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве, это новое направление	Направления развития В1С4. Высококачественное оборудование и расходные материалы доступны для этого эксперимента В2С2. Наличие потребительской группы приводит к высокому спросу на новые продукты В4С5. Высококвалифицированные исследователи внедряют инновации в новых направлениях В1В3С1. Низкая материальная цена, используя оборудование ТПУ существующее, низкая цена производства, может увеличить объем продукции	Сдерживающие факторы В2Сл4. Новый спрос на материалы приводит к длительному процессу исследования
Угрозы У1. Повышает конкуренцию в этой отрасли У2. Конкуренты имеют более передовую технологию и более низкую цену У3. Продукция мало востребована	Угрозы развития У1С1С2. Более ускоренные темпы разработки и производства и поиск технологического решения для ускорения технологического процесса	Уязвимости: У1У2Сл2.Разработка новых технологий для увеличения объема производства У1Сл1Сл3. Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения воздействия на окружающую среду

Результаты проведенного SWOT-анализа учтены в процессе дальнейшей разработки структуры работ, которые необходимо выполнить в научно-исследовательском проекте.

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование работ предполагало определение структуры работ по проведению научного исследования, определение участников каждого вида работ, установление продолжительности работ, построение графика проведения исследований. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по выполнению НТР представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

4.2.2. Разработка графика проведения научного исследования

Определение трудоемкости выполнения научного исследования проведено экспертным путем в человеко-днях. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож}$ использована следующая формула:

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

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

Исходя из рассчитанной ожидаемой трудоемкости работ, была определена продолжительность каждого этапа работы (в рабочих днях T_p), учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, а также возможность выполнения нескольких видов работ в один временной промежуток. Далее с помощью формулы 2 рассчитана продолжительность одной работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (4.2)$$

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

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Показатели проведения исследования (рук. – руководитель, инж. – инженер)

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях Т _{pi}	Длительность работ в календарных днях Т _{ki}
	t _{min} , чел-дни		t _{max} , чел-дни		t _{ожi} , чел-дни			
	руководитель	инженер	руководитель	инженер	руководитель	инженер		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	1		2		1,4		1,4	2
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	1	4	4	2,2	2,2	1,1	2
3. Обзор научной литературы		10		15		12	12	18
4. Выбор методов исследования	15	15	30	30		21	10,5	16
5. Планирование эксперимента		10		15		12	12	18
6. Проведение эксперимента		20		30		24	24	36
7. Анализ полученных результатов НИР		4		8		5,6	5,6	8
8. Оценка эффективности результатов		4		8		5,6	5,6	8
9. Составление пояснительной записки		4		8		5,6	5,6	8
Итог	17	68	36	118	3,6	88	77,8	116

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

Таблица 4.9 – Диаграмма Ганта

[illegible]

Примечание:  – Исп 1 (научный руководитель)  – Исп 2 (инженер)

4.2.3 Бюджет научно-технического исследования

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

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции (табл.4.10).

Таблица 4.10 – Затраты на завершение эксперимента

Наименование статей	Кол-во/1 изд	Цена, руб./кг	Итого затраты, руб.
Нанопорошок алюминия (Al), кг.	0,05	1212,5	1212,5
Нанопорошок оксида алюминия (Al ₂ O ₃), кг.	0,05	1212	1212
Соль нитрата алюминия (Al(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O).	0.1	2635	2635
Мыло туалетное	1	35	35
Перчатки, пар	5	10	50
Итого:			5144,5

Расчет амортизации специального оборудования

Расчет амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов (табл.4.11).

Таблица 4.11 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Весы ALC-110d4	1	10	44	44
2	Ультразвуковая ванна DR-LQ20	1	5	11	11
3	Суховоздушный термостат ТС-1/80 СПУ	1	10	23	23
4	Дистиллятор АЭ-25 МО	1	8	45	45
Итого:					123 тыс. руб.

Расчет амортизации проводится следующим образом. Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.3)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_{AI}}{12} \cdot m, \quad (4.4)$$

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

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

Весы:

$$A = \frac{H_{AI}}{12} \cdot m = \frac{0.1 \cdot 44000}{12} \cdot 4 = 1467 \text{ руб.}, \quad (4.5)$$

Ультразвуковая ванна:

$$A = \frac{H_{AI}}{12} \cdot m = \frac{0.2 \cdot 11000}{12} \cdot 4 = 733 \text{ руб.}, \quad (4.6)$$

Суховоздушный термостат:

$$A = \frac{H_{AI}}{12} \cdot m = \frac{0.1 \cdot 23000}{12} \cdot 4 = 767 \text{ руб.}, \quad (4.7)$$

Дистиллятор:

$$A = \frac{H_{AI}}{12} \cdot m = \frac{0.125 \cdot 45000}{12} \cdot 4 = 1875 \text{ руб.}, \quad (4.8)$$

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$A = 1467 + 733 + 767 + 1875 = 4842 \text{ руб.},$$

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 Зосн одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.9)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 8).

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\partial}}, \quad (4.10)$$

где Z_m – должностной оклад работника за месяц; F_{∂} – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 28 раб. дня – $M=11.2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней – $M=10.3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Должностной оклад работника за месяц:

- для руководителя и инженера:

$$Z_m = Z_{\text{мс}}(1 + k_{\text{пр}} + k_{\partial})k_p, \quad (4.11)$$

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

Таблица 4.12 – Баланс рабочего времени исполнителей

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

Таблица 4.13 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{\text{мс}}, \text{руб}$	$k_{\text{пр}}$	k_{∂}	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	17	36504,1
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	68	118530,8
Итого:								155034,9

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4.12)$$

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

– для руководителя: $З_{\text{доп}} = 0.15 \cdot 36504,1 = 5475,6$ руб..

– для инженера: $З_{\text{доп}} = 0.15 \cdot 118530,8 = 17779,6$ руб..

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$З_{\text{внед}} = k_{\text{внед}} (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (4.13)$$

где $k_{\text{внед}}$ – 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).

Для руководителя: $З_{\text{внед}} = 0.3 \cdot (36504,1 + 5475,6) = 12593,9$ руб..

Для инженера: $З_{\text{внед}} = 0.3 \cdot (118530,8 + 17779,6) = 40893,1$ руб.,

Накладные расходы

Накладными расходами учитываются прочие затраты организации, такие как: печать и ксерокопирование проектировочных документов, оплата услуг связи.

Накладные расходы в целом:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{\text{нр}} \quad (4.14)$$

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

Считаем: $З_{\text{накл}} = (4842 + 5144,5 + 155034,9 + 23255,2 + 53487) \cdot 0.2 = 48352,7$ руб.,

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ.

Таблица 4.14 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
4842	5144,5	155034,9	23255,2	53487	241763,6	52522,2	294285,8

4.3. 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.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в ходе 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 НТР рассмотрены:

- 1) Добавление наночастиц серебра (Ag) в рост растений
- 2) Добавление наночастиц железа (Fe) в рост растений

Интегральный финансовый показатель вариантов выполнения проектируемого объекта определялся по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{Var.i}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} , \quad (4.15)$$

где I – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; $\Phi_{\max}$ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.1}} = \frac{320000}{320000} = 1, I_{\text{финр}}^{\text{Вар.2}} = \frac{300800}{320000} = 0,94, I_{\text{финр}}^{\text{Вар.3}} = \frac{294286}{320000} = 0,92.$$

В результате расчета интегрального финансового показателя по трем вариантам разработки вариант 3 (данная НТР) с небольшим перевесом признан более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

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

Таблица 4.15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НТР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Вар.1	Вар.2	Вар.3
1. Безопасность при использовании	0,1	3/0,3	4/0,4	4/0,4
2. Стабильность работы	0,15	5/0,75	5/0,75	5/0,75
3. Научная ценность	0,2	4/0,8	4/0,8	5/1
4. Практическая значимость	0,2	5/1	5/1	5/1
5. Эффективность	0.2	4/0,8	3/0,6	4/0,8
6. Простота	0.15	5/0,75	5/0,75	5/0,75
ИТОГО	1	26/4,4	26/4,3	28/4,7

$$I_{p-\text{вар}1} = 4,4; I_{p-\text{вар}2} = 4,3; I_{p-\text{вар}3} = 4,7.$$

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

$$I_{вари} = \frac{I_{p-вари}}{I_{финр}} \quad (4.16)$$

$$I_{Вар.1} = \frac{4.4}{1} = 4,4, \quad I_{Вар.2} = \frac{4.3}{0,94} = 4,6, \quad I_{Вар.3} = \frac{4.7}{0,92} = 5,1,$$

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

Таблица 4.16 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,94	0,92
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	4,3	4,7
3	Интегральный показатель эффективности	4,4	4,6	5,1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	Вар.1/Вар.2 = 0,99 Вар. 1/Вар. 3= 0,91	Вар. 2/Вар. 1 = 1 Вар. 2/Вар. 3 = 0,92	Вар. 3/Вар. 1 = 1,1 Вар. 3/Вар. 2 = 1,1

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

4.4. Выводы

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

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

2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работы – 116 дней; общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер, – 76; общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель, – 19;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 294285,8;

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

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,92, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,7, по сравнению с 4,4 и 4,3;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,1, по сравнению с 4,4 и 4,6, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом 7 исполнения.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Объект исследования – влияние состава и свойств наночастиц на их растворимость в биологической среде.

Исследование выполнялось в лаборатории Национального исследовательского Томского политехнического университета (ауд. 211а 15 корпуса). Лаборатория оснащена оборудованием для проведения исследований в области материаловедения и технологии материалов.

С целью оценки степени безопасности изучения влияния состава и свойств наночастиц на их растворимость в разных видах жидкости в данном разделе ВКР необходимо рассмотреть правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности; потенциальные вредные и опасные факторы и способы снижения их воздействия; экологическую безопасность научного проекта, а также вопросы безопасности в чрезвычайных ситуациях.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Организациям необходимо соблюдать требования трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ [Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 02.12.2019).].

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

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

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Рабочее место располагается на 2 этаже в аудитории, помещение представляет собой комнату размером 4 м на 6 м, высотой 3 м, 2 окна, выходящих на север, в помещении находится 3 единицы технологического оборудования, 2 системы вентиляции, поверхность пола ровная, нескользкая, удобная.

При проведении лабораторных работ работник лаборатории находится в положении стоя или сидя. Следовательно, при организации рабочего места лаборанта требуется соблюдение нормативов [51,52].

Лаборатория оснащена отоплением и вентиляцией. Для отделки помещений используют диффузно-отражающие материалы. Поверхность пола соответствует следующим требованиям: ровность, удобство для очистки, наличие антистатических свойств, отсутствие выбоин. В помещении держат аптечку первой медицинской помощи и огнетушитель. Расположение рабочего стола обеспечивает удобство работы за ним и дает возможность осмотра, а также ремонта находящегося на нем оборудования.

5.2. Производственная безопасность

Исследование выполнялось в лаборатории Томского политехнического университета (ауд.210, 15 корпуса). Для проведения исследования применяли низкоскоростную пилу, ультразвуковую ванну, сушильный шкаф, ручной масляный пресс, установку электроимпульсного плазменного спекания, атомно-силовой микроскоп и т. д.

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 [СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г.)] ГОСТ 12.1.005-88 [ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (дата введения: 01.01.1989)]
2. Превышение уровня шума		+		ГОСТ 12.1.003-2014 [ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (дата введения: 01.11.2015)] ГОСТ 12.1.029-80 [ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация (дата введения: 01.07.1981)] СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г.)]
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий (дата введения: 15.06.2003)] СП 52.13330.2016 [СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (дата введения: 08.05.2017)]
4. Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания		+		ГОСТ 12.1.005-88 [ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
				требования к воздуху рабочей зоны (дата введения: 01.01.1989)] ГН 2.2.5.3532-18 [ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 13.02.2018 № 25)] СанПиН 2.2.4.548-96 [СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г.)

Далее в соответствии с последовательностью в таблице 1 описываются выявленные вредные и опасные факторы. Каждый вредный фактор рассматривается по следующему плану:

- 1) источник возникновения фактора;
- 2) воздействие фактора на организм человека;
- 3) приведение допустимых норм с необходимой размерностью, а также при возможности проводится анализ на соответствие нормам;
- 4) предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные) для минимизации воздействия фактора.

Разрабатываются решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих. Предлагаются мероприятия, обеспечивающие безопасность технологического процесса и эксплуатации оборудования.

5.2.1. Анализ показателей шума

Гигиенические нормативы по шуму определяются национальным законодательством [53].

В таблице 5.2 содержащиеся в Санитарных нормах [54].

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

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

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

С длительным воздействием шума связано возникновение определенных заболеваний нервной системы.

Воздействие шума, превышающего норму, приводит к замедлению зрительно-моторных реакций, снижение слуха и т. п..

Показатели уровня шума в лаборатории соответствуют нормативам.

При превышении норм по шуму требуется принимать меры по снижению уровня шума и защите работников от его воздействия в соответствии с [55], используя в том числе такие меры, как:

- применение против шумных наушников;
- использование виброизолирующих опор.

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

5.2.2. Анализ показателей микроклимата

К микроклимату производственных помещений относится климат внутренней среды этих помещений, на который влияют совместно действующие на организм человека температура, относительная влажность и скорость движения воздуха.

Таблица 5.3 показывает оптимальные и допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне производственного помещения для категории работ «Лёгкая Ia» по [56].

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

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

От влажности воздуха зависит терморегуляция организма: высокая влажность вызывает затруднение терморегуляции, слишком низкая влажность приводит к пересыханию слизистой оболочки дыхательных путей.

Исследовательская лаборатория располагается в подвале, в комнате нет больших окон. В такой комнате существует опасность, что скорость движения воздуха недостаточна, и исследователи не могут работать в этой среде в течение длительного периода времени. Это потом о своей лаборатории: где

находится, какие могут быть проблемы, связанные с температурой воздуха в помещении, со скоростью движения воздуха и с влажностью.

С целью поддержания требуемых параметров микроклимата в рабочей зоне, применяется защита от источников теплового излучения, система вентиляции, кондиционирование воздуха, отопление, влажная уборка, увлажнение воздуха.

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

- вентиляция и очистка воздуха;
- кондиционирование воздуха;
- локализация вредных факторов;
- отопление;
- автоматический контроль и сигнализация;
- дезодорация воздуха;
- использование оборудования и препаратов для дезинфекции, оградительных устройств, знаков безопасности;
- применение перчаток и респираторов в качестве средств защиты рук и органов дыхания [57].

5.3. Экологическая безопасность

Эксперимент по изучению влияния наночастиц на растения предполагает приготовление суспензии из наночастиц Ni.

При приготовлении суспензий из наночастиц никеля одним из факторов, которые могут нанести вред атмосфере, является испарение суспензии. Предотвращение выбросов происходит в два этапа: (1) очистка вредных выбросов в специальном оборудовании (циклоны, фильтры и т. д.) (2) рассеивание очищенных выбросов в атмосферу. Пар, присутствующий в период исследования, не превышал ПДК [58].

Для проведения исследования используются различные емкости для жидкости, на стенках которых могут быть остатки суспензии. При очистке инструментов вредные вещества через водопроводную систему могут попадать в почву и в воду. Чтобы очистить воду от вредных веществ, используют методы экстракции, ректификации, адсорбции, обратного осмоса и ультрафильтрации и др. Большое количество вредных веществ в воде опасно для людей, животных и растений. Количество отходов, попадающих в процессе исследования в воду, не превышает ПДК [59].

В ходе проведения исследования образуются твердые отходы: побеги растений, перчатки. При попадании порошковых материалов в почву возможно изменение ее состава, что плохо влияет на находящиеся там живые организмы. Законодательство требует соблюдения правил утилизации вредных твердых отходов.

Поскольку наночастицы никеля являются канцерогенами класса 2, исследования опасны для атмосферы, водной среды и почвы.

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайными ситуациями называются такие ситуации, которые нарушают безопасность жизнедеятельности.

Основные причины возникновения чрезвычайных ситуаций делят на внешние – стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов и т.д.; и внутренние – сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина и т.п.

В лаборатории наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного характера. На случай возникновения чрезвычайной ситуации в лаборатории должен быть предусмотрен следующий комплекс мероприятий: (1) необходимо эвакуировать людей или укрыть их людей в

защитных сооружениях; (2) обеспечить людей индивидуальными средствами защиты; (3) организовать медицинскую помощь пострадавшим.

На территории Томской области наиболее вероятные источники ЧС природного характера: шквальные ветры и ураганы; половодье; эрозия почв; обильные осадки, в т.ч. сильный туман и крупный град. ГУ МЧС по Томской области – организация, ответственная за предупреждение населения о возможных ЧС и ликвидацию их последствий занимается.

Анализ пожаробезопасности

Наиболее распространенная вероятная чрезвычайная ситуация в лаборатории – это пожар. Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к классу П-2, т.к. в нем присутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии [60].

Бывают следующие причины пожара: (1) курение в помещении; (2) использование открытого огня; (3) перегрузки по току; (4) искрение; и т. п.

Во избежание пожара в лаборатории необходимо обеспечить правильный тепловой и электрический режим работы оборудования. Все сотрудники лаборатории должны пройти противопожарный инструктаж.

В лаборатории установлены пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения, средства индивидуальной защиты, а также источники воды, соответствующие требованиям пожарной безопасности.

5.5. Выводы

В результате работы над разделом "Социальная ответственность" были выявлены вредные и опасные факторы при работе в лаборатории и предложены соответствующие мероприятия по совершенствованию.

Необходимо соблюдать элементарную технику безопасности, которую изучают в первичных инструктажах по безопасности работы в лабораториях. ПДК вредных веществ воздуха в рабочей зоне не превышает предела допустимого.

Проведенные исследования никоим образом не влияют на экологическую безопасность, так как используемые нано суспензии специально утилизируются.

При реализации данной исследовательской работы в производстве следует учитывать, что полученные проростки пшеницы экологически безопасны, а ПДК вредных веществ в воздухе в процессе производства не превышают предела.

Таким образом, в данном разделе рассмотрены потенциальные вредные и опасные факторы, которые могут повлиять на человека и окружающую среду во время проведения исследования по изучению влияния наночастиц на проростки пшеницы. Данные фактор учтены и минимизированы при выполнении лабораторных работ по теме ВКР.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Сюй Ф. Изменение растворимости наночастиц в водных средах // Труды X Всероссийской научно-практической конференции "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", 22-24 апреля 2021 г., г.Томск: Изд-во ТПУ, 2021. – С.376-379.

2. Сюй Ф., Юдникова А.А. Влияние размера наночастиц никеля на их агрегацию в почвенном буфере // Труды XI Всероссийской научно-практической конференции "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", 26-29 апреля 2022 г., г.Томск: Изд-во ТПУ, 2021. – в печати.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Rana G., Dhiman P. Recent advances on nickel nano-ferrite: A review on processing techniques, properties and diverse applications // Chemical Engineering Research and Design. - 2021. - Vol.175. - P.182-208.
2. Jipeng L., Xinyu G., Jiabing L. The influence of elevated CO₂ on bacterial community structure and its co-occurrence network in soils polluted with Cr₂O₃ nanoparticles // Science of The Total Environment. – 2021. – Vol.779. – P.146-430]
3. Ning G., Kuishang S., Cheng C., Yequn S. Stability of nickel oxide nanoparticles and its influence on toxicity to marine algae *Chlorella vulgaris* // Marine Pollution Bulletin. - 2019. - Vol.149. - P.110-532.
4. Salen M.A., Hassan M.Y., Selim S. NiO-nanoparticles induce reduced phytotoxic hazards in wheat (*Triticum aestivum* L.) grown under future climate CO₂ // Chemosphere. – 2019. – Vol.220. – P.1047-1057
5. Omar F.M., Aziz H.A., Stoll S. Aggregation and disaggregation of ZnO nanoparticles: Influence of pH and adsorption of Suwannee River humic acid // Science of The Total Environment. - 2014. - Vol.468-469. - P.195-201.
6. Grillo R., Rosa A.H., Fraceto L.F. Engineered nanoparticles and organic matter: A review of the state-of-the-art // Chemosphere. 2015. - Vol.119. - P.608-619.
7. Son J., Vavra J., Forbes V.E. Effects of water quality parameters on agglomeration and dissolution of copper oxide nanoparticles (CuO-NPs) using a central composite circumscribed design // Science of the Total Environment. 2015. - Vol.521-522. - P.183-190.
8. Selim S. *Saccharomonospora actinobacterium* alleviates phytotoxic hazards of tungsten nanoparticles on legumes' growth and osmotic status// Journal of Environmental Chemical Engineering. - 2021. - Vol.9. - P.106-395.

9. Portela M.C., Vidyasagar A., Krobel S. Extreme mechanical elasticity of self-assembled nanolabyrinthine materials // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2020. – Vol.117(11). – P.5686-5693
10. Adriele P., Aine W. High content analysis of the biocompatibility of nickel nanowires // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2019. – Vol.321. – P.1341-1345.
11. Anu K., Yongya W., Wangcheng H., Lin L. Synthesis and analysis of structural, compositional, morphological, magnetic, electrical and surface charge properties of Zn-doped nickel ferrite nanoparticles // Ceramics International. – 2022. – Vol.48. – P.3417-3425.
12. Tengyun L., Hui C., Dehao T. Nickel hybrid nanoparticle decorating on alumina nanoparticle cluster for synergistic catalysis of methane dry reforming // Fuel Processing Technology. – 2020. – Vol.201. – P.106-335.
13. Mayue W., Tian Z. Optimizing the electrical conductivity of polyacrylonitrile/polyaniline with nickel nanoparticles for the enhanced electrostimulation of Schwann cells proliferation // Bioelectrochemistry. – 2021. – Vol.140. – P.107-705.
14. Aiping H., Yuanhong T., Peng K. Synthesis and formation mechanism of nickel nanoparticles by hydrazine reduction // Science and Technology. – 2007. – Vol.38. – P.100-183.
15. Sahila S. A novel green and eco-friendly synthesis of nickel oxide nanoparticles by auto combustion technique using allium cepa bulb extract and their dielectric behaviour // Chemical Data Collections. – 2022. – Vol.38. – P.100-837.
16. Dehui S., Zhenfeng C. Hydrothermal Synthesis and Characterization of Nickel Hydroxide Nanoparticles // Journal of Natural Sciences. – 2010. – Vol.11. – P.6.

17. Franc J., Bastl Z. Nickel evaporation in high vacuum and formation of nickel oxide nanoparticles on highly oriented pyrolytic graphite. X-ray photoelectron spectroscopy and atomic force microscopy study // Thin Solid Films. – 2008. – Vol.516. – P.6095-6103
18. Taylor G. Studies in electrohydrodynamics: the circulation produced in a drop by electrical field // Proceedings of the Royal Society A. - 2016. - Vol.291. - P.159-166
19. Hong J., Jehnming L. An investigation of the synthesis of metallic nanoparticles by laser ablation // Surface and Coatings Technology. - 2008. - Vol.202. - P.6136-6141.
20. Bo G., Liang Q., Jianbo W. Microwave absorption properties of the Ni nanowires composite // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. - 2018. - Vol.41. - P.230-005.
21. Sadaf P., Sheila S. In situ deposition of Ni nano particles on cotton fabric using sol-gel method- photocatalytic activation properties // Journal of Materials Research and Technology. - 2012. - Vol.12. - P.1-14.
22. Deqin Y., Ping J., Zhongyuan H. Cross-linked nickel nanosheet-modified electrode for enzyme-free glucose sensor // Analytical laboratory. - 2015. - Vol.34. - P.362-365.
23. Lifeng B., Jian W., Mingjian D., Xiangcheng Z. Enzyme-free glucose sensor fabricated by nano-nickel and zinc oxide-modified copper electrodes // Journal of Materials Science and Engineering. - 2020. - Vol.58. - P.209.
24. Byrne F., Mello A., Wealan A. High content analysis of the biocompatibility of nickel nanowires // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2009. – Vol.321. – P.1341–1345
25. Bing W., Zhuohan D., Junfu W. Electromagnetic and microwave absorption properties of nickel nanocrystals synthesized by magnetic field-assisted

- hydrothermal method // Magnetic materials and devices. - 2014. - Vol.28. - P.230-039.
26. Yubing Z., Yichao D., Tingting L. Study on electrochemical performance of nano-nickel integrated fuel cell system // Journal of Chengdu Institute of Technology. - 2018. - Vol.21. - P.611-730.
27. Weiyao Z., Qipeng M., Hongyan H. Theoretical study on profile control of nanoparticle dispersion system based on fracture-matrix dual medium // Energy Reports. - 2021. - Vol.7. - P.1488-1500
28. Jing Z., Hao Z. Абсорбция NO микро-нано газожидкостной дисперсионной системой// Acta Mineralogy. - 2018. - Vol.90. - P.56-63.
29. Gromakov N.S. Dispersed systems and their properties // Colloid Chemistry Tutorial. - 2015. - Vol.75. - P.6-24
30. Zhen F., Daoyin Liu. Elutriation and agglomerate size distribution in a silica nanoparticle vibro-fluidized bed // Daily Chemical Industry. - 2022. - Vol.434. - P.134-654.
31. Blinova I., Ivask A., Heinlaan M., Kahru A. Ecotoxicity of nanoparticles of CuO and ZnO in natural water // Environmental Pollution. - 2010. - Vol.158. - P.41-47.
32. Omar M.F., Aziz A.H., Stoll S. Aggregation and disaggregation of ZnO nanoparticles: Influence of pH and adsorption of Suwannee River humic acid // Science of the Total Environment. - 2014. - Vol.468. - P.195-201.
33. Wen T., Zhangfeng Z., Shengpeng W., Zhanwei S., Xian Y., Xiaodong H., Yitao W. Heterogeneous aggregation behavior of copper nanoparticles: process interactions with environmental components // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. - 2015. - Vol.2015. - P. 396035.
34. Dongxu W., Peifang W., Chao W. Effects of interactions between humic acid and heavy metal ions on the aggregation of TiO₂ nanoparticles in water environment // Environmental Pollution. - 2019. - Vol.248. - P.834-844.

35. Baalousha M. Aggregation and disaggregation of iron oxide nanoparticles: Influence of particle concentration, pH and natural organic matter // Overall Environmental Science. - 2009. - Vol.407. - P.2093 – 2101
36. Farahnaz B., Sayed M., Shengpeng W., Farahnaz A.J. An overview of the plant-mediated green synthesis of noble metal nanoparticles for antibacterial applications // Journal of Industrial and Engineering Chemistry.- 2020.- Vol.94(2021).-P.92-104.
37. Lee J., Siqin H. Size distribution monitoring for chemical mechanical polishing slurries: An intercomparison of electron microscopy, dynamic light scattering, and differential mobility analysis // Sensors International. - 2021. - Vol.396. - P.395-405.
38. Miao X., Ling X. Sensitive detection of glucose in human serum with oligonucleotide modified gold nanoparticles by using dynamic light scattering technique // Sensors International. - 2013. - Vol.41. - P.880-883.
39. Tavakkoli Y., Yen N. Recent advances in metallic nanobiosensors development: Colorimetric, dynamic light scattering and fluorescence detection // Sensors International. - 2020. - Vol.1. - P.100049.
40. Ruidi S., Ji Z., Wenxiu H. Dynamic light scattering of cancer antigen-125 via recognition of the polymerase chain reaction product with gold nanoparticle probe // Analytica Chimica Acta. - 2021. - Vol.1145. - P. 87-94.
41. Qun H., Tianyu Z. Acetylcholine and acetylcholinesterase inhibitors detection using gold nanoparticles coupled with dynamic light scattering // Sensors International. - 2020. - Vol.107. - P.26-35.
42. 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.

43. 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.
44. Shiwen L., Guoying F. Study on Preparation and Phase of Nano-copper Powder by Electric Explosion // *Chinese Academy of Sciences*. - 2013. - Vol.25. - C. 9-89.
45. Yangang S., Zhigang C. Study on Preparation and Gas Sensitivity of Microsphere ZnO Nano-powder // *Electronic components and materials*. - 2010. - Vol.29(6). - C. 201-620.
46. Hewitt E.J. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition // *Experimental Agricultural*. - 1966. - Vol. 3(2). - P.547.
47. Han G., Yijie Liu., Bowen T., Zhaocai Zhang., Yu Z. Effect of environmental pH value on mechanical properties and microstructure of hardened sulphoaluminate cement paste // *Construction and Building Materials*. - 2022. - V. 325. - P. 126-848.
48. Sijia Z., Mi Z., Xiaohong D. Research progress of intracellular pH measurement methods // *Advances in modern biomedicine*. - 2014. Vol. 21. - P.044
49. Blinova I., Ivask A., Heinlaan M., Kahru A. Ecotoxicity of nanoparticles of CuO and ZnO in natural water // *Environmental Pollution*. – 2010. – Vol.158. – P.41-47
50. Wucheng K., Dandan Z., Guojiang M. Preparation of copper nanoparticles and their catalytic degradation of environmental pollutants // *Chemical Research and Applications*. – 2018. – Vol.30. – P. 453007
51. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).
52. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979)

53. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (дата введения: 01.11.2015)
54. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г.)
55. ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация (дата введения: 01.07.1981)
56. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (дата введения: 01.01.1989)
57. ГОСТ 12.4.021-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы вентиляционные
58. ГН 2.1.6.3492-17. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений (утв. 22.12.2017, с изменениями на 31.05.2018)
59. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (утв. 30.04.2003, с изменениями на 13.07.2017)
60. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"» от 10.07.2012 № 117-ФЗ