

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 (НОЦ) Отделение материаловедения

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Агрегативная устойчивость и адсорбционные свойства наночастиц оксида цинка в модельном пептоне</b>

УДК 661.847.9-022.532:612.322.45

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ82	Болатова Жанар		

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально - гуманитарных наук	Спицына Л.Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения общетехнических дисциплин	Романцов И.И.	к.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор НОЦ «Наноматериалы и нанотехнологии»	Хасанов О.Л.	профессор, д.т.н.		

Томск – 2020 г.

*Планируемые результаты обучения по ООП 22.04.01*

Код результата	Результат обучения
P1	Осуществлять сбор, анализ и обобщение научно-технической информации в области материаловедения и технологии материалов с использованием современных информационно-коммуникационных технологий, глобальных информационных ресурсов
P2	Работать с патентным законодательством и авторским правом при подготовке документов к патентованию и оформлению ноу-хау
P3	Выполнять маркетинговые исследования и анализировать технологический процесс как объекта управления, разрабатывать технико-экономическое обоснование инновационных решений в профессиональной деятельности
P4	Руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
P5	Внедрять в производство технологии получения керамических, металлических материалов и изделий, в том числе наноматериалов, быть готовым к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, позволяющих получать и диагностировать материалы и изделия различного назначения.
P6	Разрабатывать новые и модернизировать существующие технологии получения керамических, металлических материалов и изделий, в том числе наноматериалов
P7	Внедрять системы управления качеством продукции в области материаловедения, эксплуатировать оборудование, позволяющее диагностировать материалы и изделия из них, в том числе наноматериалы
P8	Действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения, выбирать наиболее рациональные способы защиты и порядка в действиях малого коллектива в чрезвычайных ситуациях
P9	Общаться в устной и письменной формах на государственном языке РФ и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности, подготавливать и представлять презентации планов и результатов собственной и командной деятельности, формировать и отстаивать собственные суждения и научные позиции
P10	Самостоятельно осваивать новые методы исследования, изменять научный, научно-педагогический и производственный профиль своей профессиональной деятельности
P11	Применять принципы рационального использования природных ресурсов, основные положения и методы социальные, гуманитарные и экономические подходы при решении профессиональных задач с учетом последствий для общества, экономики и экологии.
P12	Использовать основные категории и понятия общего и производственного менеджмента в профессиональной деятельности

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 (НОЦ) Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Хасанов О.Л.  
 (Подпись)                      (Дата)                      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ82	Болатова Жанар

Тема работы:

<b>Агрегативная устойчивость и адсорбционные свойства наночастиц оксида цинка в модельном пептоне</b>
---

Утверждена приказом директора (дата, номер)	59-76/С от 28.02.2020
---	-----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т.д.).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Источники литературы: базы данных <a href="http://www.sciencedirect.com">www.sciencedirect.com</a>, <a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>, <a href="http://www.scopus.com">www.scopus.com</a>, <a href="http://www.elsevierscience.ru">www.elsevierscience.ru</a>.</li> <li>2) Оборудование и лабораторный инвентарь НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии», отделения материаловедения Томского политехнического университета и кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСИС».</li> <li>3) Объекты исследования: нанопорошки оксида цинка, полученные методами осаждения и плазмохимическим синтезом; низкомолекулярные аминокислоты с разной кислотностью.</li> <li>4) Требования к результатам: зависимости, описывающие влияние размера наночастиц и состава пептона на</li> </ol>
--	--

	коллоидные и адсорбционные свойства частиц ZnO со средними размерами от 14...300 нм в растворах низкомолекулярных алифатических аминокислот (глицина, лизина, цистеина, глутаминовой кислоты и аргинина) в присутствии электролита.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1) Проведение литературного обзора по классификации, применению, методам получения и свойствам наночастиц ZnO; 2) определение размера, состава и морфологии промышленных наночастиц оксида цинка методами просвечивающей электронной микроскопии и метода низкотемпературной адсорбции азота; 3) определение влияния размера и концентрации наночастиц, содержания и типа аминокислоты на коллоидные и адсорбционные свойства наночастиц ZnO со средними размерами от 18...115 нм в растворах, моделирующих пептон, с помощью методов лазерной дифракции, динамического рассеяния света и инфракрасной спектроскопии.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Микрофотографии нанопорошков, кривые распределения частиц по размерам, графики изменения дисперсионных и электрокинетических свойств наночастиц в водных суспензиях в зависимости от кислотности среды, природы и концентрации поверхностно-активных веществ, размера частиц.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоемкость	Спицына Л.Ю.
5. Социальная ответственность	Романцов И.И.
Приложение. Раздел на английском языке	Ажель Ю.П.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
<b>Разделы на русском языке:</b> Литературный обзор, экспериментальная часть, результаты и их обсуждение, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность	
<b>Разделы на иностранном языке :</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	24.02.2020 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

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
4БМ82	Болатова Жанар		

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 (НОЦ) Отделение материаловедения  
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

<b>Магистерская диссертация</b> (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)
---

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
28.02.2020	1. Литературный обзор	20
30.03.2020	2. Экспериментальная часть	20
30.04.2020	3. Обсуждение результатов и оформление работы	30
25.05.2020	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоемкость	10
25.05.2020	5. Социальная ответственность	10
25.05.2020	6. Обязательное приложение на иностранном 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 включает 128 с., 23 рис., 26 табл., 144 источника и 1 прил.

Ключевые слова: агрегация, аминокислоты, адсорбция, дзета-потенциал, модельный пептон, наночастицы.

**Объектом исследования** являются наночастицы оксида цинка.

**Целью работы** является установление закономерностей изменения коллоидных и адсорбционных свойств наночастиц оксида цинка в модельном пептоне. В работе определяется влияние размера и концентрации наночастиц, содержания и типа аминокислоты на коллоидные и адсорбционные свойства наночастиц ZnO со средними размерами от 18 до 115 нм в водных растворах низкомолекулярных аминокислот.

**Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики.** В работе проведено исследование влияния концентрации и размера наночастиц (18...115 нм) в водных растворах низкомолекулярных алифатических аминокислот разной кислотности (глицина, лизина, цистеина, глутаминовой кислоты и аргинина) в присутствии электролита с применением методов электронной микроскопии, низкотемпературной адсорбции азота, лазерной дифракции, динамического рассеяния света, инфракрасной спектроскопии.

**Степень внедрения:** разработана методика приготовления суспензии из наночастиц оксида цинка в водном растворе низкомолекулярных алифатических кислот в присутствии электролита с заданной рН, моделирующем пептон, для создания антибактериальных суспензий с контролируемыми коллоидными свойствами широкого профиля.

**Область применения:** иммунологические испытания, создание антибактериальных суспензий в сельском хозяйстве, разработка методик определения дисперсности наночастиц «мокрыми» методами.

**Экономическая эффективность/значимость работы:** созданы методики приготовления суспензий наночастиц оксида цинка в модельных пептонах с контролируемыми дисперсионными и электрокинетическими свойствами.

**В будущем планируется** исследовать токсичность наночастиц с применением разработанных суспензий.

**Принятые сокращения:**

Arg – Аргинин

Gly – Глицин

Glu – Глутаминовая кислота

Lys – Лизин

Cys – Цистеин

Физраствор – физиологический раствор

ZnO-18 – наночастицы ZnO со средним размером 18 нм

ZnO-25 – наночастицы ZnO со средним размером 25 нм

ZnO-40 – наночастицы ZnO со средним размером 40 нм

ZnO-80 – наночастицы ZnO со средним размером 80 нм

ZnO-115 – наночастицы ZnO со средним размером 115 нм

## Оглавление

Введение.....	11
Глава 1. Литературный обзор.....	12
1.1 Наночастицы.....	12
1.1.1 Классификация и свойства наночастиц .....	12
1.1.2 Получение наночастиц оксида цинка .....	15
1.1.3 Применение наночастиц оксида цинка.....	17
1.1.4 Антибактериальные свойства наночастиц ZnO .....	18
1.2 Дисперсные системы .....	21
1.2.1 Классификация дисперсных систем.....	21
1.2.2 Агрегативная устойчивость дисперсных систем .....	23
1.2.3 Коллоидные свойства наночастиц ZnO в растворах .....	25
1.3 Постановка задач исследования .....	27
Глава 2. Экспериментальная часть.....	29
2.1 Объекты исследования .....	29
2.1.1 Наночастицы оксида цинка.....	29
2.1.2 Аминокислоты.....	29
2.2 Определение морфологии сухих нанопорошков .....	30
2.2.1 Электронная микроскопия .....	30
2.2.2 Низкотемпературная адсорбция азота .....	31
2.3 Приготовление растворов и суспензий.....	31
2.3.1 Приготовление физиологического раствора .....	32
2.3.2 Приготовление модельных пептонов.....	32
2.3.3 Приготовление суспензий в воде и физрастворе.....	33
2.3.4 Приготовление суспензий в пептоне .....	33
2.4 Исследование коллоидных и адсорбционных свойств .....	33
наночастиц .....	33
2.4.1 Метод лазерной дифракции .....	34
2.4.2 Динамическое рассеяние света .....	35
2.4.3 Инфракрасная спектроскопия.....	35
Глава 3. Результаты и их обсуждение.....	37
3.1 Морфология наночастиц ZnO.....	37
3.2 Коллоидные свойства частиц в воде и физрастворе .....	39

3.2.1	Влияние размера частиц на степень агрегации в воде .....	39
3.2.2	Влияние концентрации частиц на размер и заряд частиц в физрастворе .....	41
3.2.3	Влияние размера частиц на степень агрегации в физрастворе .....	41
3.3	Коллоидные свойства наночастиц в пептоне .....	42
3.3.1	Влияние концентрации аминокислоты .....	42
3.3.2	Влияние типа аминокислоты .....	44
3.3.3	Влияние состава пептона .....	46
3.3.4	Влияние размера наночастиц .....	50
3.4	Адсорбционные свойства наночастиц .....	51
3.4.1	Влияние выбора пика на ИК-спектре на параметры адсорбции .....	51
3.4.2	Влияние состава пептона на параметры адсорбции .....	52
3.4.3	Влияние размера частиц на параметры адсорбции .....	53
3.5	Выводы по главе .....	55
Глава 4.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	58
4.1	Потенциальные потребители .....	58
4.2	Инициация проекта .....	68
4.3	Планирование управления научно-техническим проектом .....	69
4.4	Бюджет научного исследования .....	72
4.5	Расчет общей себестоимости разработки .....	77
4.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	77
4.7	Выводы по главе .....	79
Глава 5.	Социальная ответственность .....	82
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	82
5.2	Экологическая безопасность .....	91
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	94
5.4	Выводы по главе .....	95
6.	Список публикаций .....	97
7.	Список используемых источников .....	98
Приложение А.	Раздел на английском языке .....	113

## ВВЕДЕНИЕ

Благодаря исключительным физическим и химическим свойствам наночастицы находят применение в самых разных отраслях промышленности и медицины. Нанопорошок оксида цинка (ZnO) используется в производстве красок, солнцезащитных средств, пластмасс и каучуков, электроники и фармацевтической продукции, в лечении лейкемии [1-4]. Благодаря токсичности наночастиц ZnO по отношению к *Escherichia coli* [5] и *Staphylococcus aureus* [6] их можно использовать для удобрения почв и контроля пестицидов в сельском хозяйстве [7]. При этом в ряде применений наночастицы удобно использовать в виде водных суспензий с контролируемыми свойствами.

В водной среде благодаря высокой поверхностной энергии наночастицы, склонны к интенсивной агрегации, для предотвращения которой можно добавлять в систему поверхностно-активные вещества и получать устойчивые коллоиды наночастиц [8]. Литературный обзор показал, что аминокислоты, являющиеся компонентами используемых для культивации клеток пептонных растворов, могут адсорбироваться на поверхности наночастиц ZnO [9] и поддерживать агрегативную устойчивость суспензий. Однако, данных о совместном влиянии аминокислот на агрегативные свойства наночастиц отсутствуют в литературе.

Целью выпускной квалификационной работы является установление закономерностей изменения коллоидных и адсорбционных свойств наночастиц оксида цинка в модельном пептоне.

# ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Наночастицы

### *1.1.1 Классификация и свойства наночастиц*

Нанотехнологии – это технологии, включающие разработку, производство и применение материалов, которые имеют структуры, частицы, волокна размером менее 100 нм [10].

Наноматериалы – натуральный, случайный или произведенный материал, содержащий частицы в несвязанном состоянии или в виде агломерата, в которых не менее 50 % частиц в распределении по размерам находятся в диапазоне размеров 1...100 нм [11]. Наночастицы представляют собой класс частиц, размеры которых во всех трех измерениях менее 100 нм [12].

Наночастицы в целом классифицируются в зависимости от их морфологии (размерности, размера и формы) и состава.

В зависимости от размерности наноматериалы могут быть нуль-, одно-, двух- и трёхмерные (0D, 1D, 2D или 3D) [13]. В 0D-наноматериалах все размеры измеряются в пределах наноразмера (никакие размеры не превышают 100 нм). Примерами могут быть наночастицы ZnO (30-63 нм), [14] ZnO (20-40 нм) [15].

В 1D-наноматериалах только один размер определяет дисперсность. Примерами являются нанотрубки углерода [16, 17], наностержни ZnO (40 нм) [18].

В 2D-наноматериалах дисперсность характеризуется двумя размерами, которые определяются в двух взаимно перпендикулярных направлениях, а третий размер на дисперсность не влияет [19]. Примерами 2D-наноструктур могут быть нанопризмы ZnO [20], нанолистки ZnO [21].

3D-наноматериалы представляют собой объёмные наноматериалы [22, 23], например, нанопорошки Pt (30 нм) [24], Bi<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> (350–400 нм) [25], Pt

(36 нм) [26, 27]. Также изготавливают 3D-пористые пленки на основе наночастиц ZnO [28].

Наночастицы могут иметь разную форму, влияющую, например, на оптические свойства. Так, наночастицы Au, Pt, Ag и Pd с размером 20 нм имеют характерный винно-красный цвет, желтовато-серый, черный и темно-черный цвета соответственно [29]. Наночастицы Au с разной формой и размером сильно влияют на оптические свойства, что может быть использовано в приложениях биоизображения (рисунок 1.1) [29].



Рисунок 1.1 – Цветовая зависимость наночастиц Au от размера и формы [29]

По составу различают наночастицы углеродные, металлсодержащие и полимерные наночастицы. Углеродные наноматериалы включают фуллерены, нанотрубки, графен и состоят исключительно из атомов углерода, образующими пяти- и шестиугольники, в которых каждый углерод имеет  $sp^2$ -гибридизацию [30]. Металлические наночастицы изготавливаются из металлов, оксидов, интерметаллидов, сплавов. Благодаря хорошо известным характеристикам локализованного поверхностного плазмонного резонанса, эти наночастицы

обладают уникальными оптоэлектрическими свойствами. В настоящее время синтезируют самые разные частицы, включая Au [29], ZnO [31], Pt [32], Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> [33], TiO<sub>2</sub> [34].

Керамические наночастицы представляют собой неорганические неметаллические твердые частицы, синтезированные путем нагревания и последовательного охлаждения. Они могут быть найдены в аморфной, поликристаллической, плотной, пористой или полых формах [35]. Поэтому эти наночастицы привлекают большое внимание исследователей из-за их использования в таких приложениях, как катализ, фотокатализ, фотодеградация красителей и изображений [36].

Полимерные наночастицы имеют органическую основу, и в основном это наносферы или нанокапсулярная форма [37]. Первые представляют собой частицы матрицы, общая масса которых, как правило, является твердой, а другие молекулы адсорбируются на внешней границе сферической поверхности. В последнем случае твердая масса полностью инкапсулируется внутри частицы [38]. Полимерные наночастицы легко функционализируются и, таким образом, находят множество применений в литературе [39].

Наночастицы на основе липидов содержат липидные фрагменты и эффективно используются во многих биомедицинских применениях. Как правило, липидные НЧ являются характерно сферическим с диаметром в диапазоне от 10 до 1000 нм. Как и полимерные НЧ, липидные НЧ имеют твердое ядро из липида, а матрица содержит растворимые липофильные молекулы. Поверхностно-активные вещества или эмульгаторы стабилизируют внешнее ядро этих наночастиц [40]. Липидная нанотехнология [41] представляет собой особую область, которая фокусируется на разработке и синтезе липидных наночастиц для различных применений, таких как переносчики лекарств и доставка [42].

### *1.1.2 Получение наночастиц оксида цинка*

Для синтеза наночастиц ZnO могут использоваться различные методы, но эти методы в целом подразделяются на два основных подхода: «снизу-вверх» и «сверху-вниз» [43]. Первый использует атомы и молекулы для создания наноструктур, которые могут быть получены химическим синтезом, биологическими методами или контролируемым осаждением и ростом. Среди физического синтеза наноматериалов цинка можно выделить такие методы, как физическое осаждение из паровой фазы, дуговой плазменный метод, термическое испарение, ультразвуковое облучение.

Термическое испарение – процесс, в котором конденсированный или порошкообразный исходный материал испаряется при повышенной температуре, а затем образующаяся паровая фаза конденсируется при определенных условиях, таких как температура, давление, атмосфера или подложка, с образованием желаемого продукта, как показано для синтеза наночастиц ZnO с размером 50 нм [44]. Также синтезируют нанопроволки с размером 80-120 нм [45] нагреванием порошка Zn при 700 °C и 20 Па. Метод термического испарения прост, недорог, без применения катализаторов и может быть использован для изготовления нанотрубок ZnO в промышленном масштабе.

Плазмохимический синтез использует плазму дугового или тлеющего (обычного, высокочастотного или сверхвысокочастотного) разрядов. В плазменную струю вводится сырье (металлы, галогениды). Высокотемпературная плазма (до  $10^4$  К) обеспечивает переход сырья в газообразное состояние с высокой скоростью (время реакции – 0,001 с). Материал быстро охлаждается и кристаллизуется, и образуется нанопорошок. Частицы имеют правильную форму и размеры от 10 до 200 нм. При использовании активных сред, содержащих углерод, азот, бор или кислород можно получать нанопорошки карбидов, нитридов, боридов и оксидов разных элементов. Так были получены наностержни ZnO [46].

Химические методы на водной основе обладают многочисленными преимуществами, такими как экологичность, использование дешевых и удобных в обращении реагентов, а также несложного оборудования, и они одновременно требуют только низкого расхода энергии. Кроме того, они позволяют легко адаптировать параметры синтеза на протяжении всего процесса, что помогает получить контроль над составом, формой и размером получаемых наноматериалов [47]. Среди химических методов можно выделить микроэмульсию, в которой осаждают оксалат цинка в смеси этанола и масла с последующим прокаливанием оксалата до ZnO с размером 12 нм [48]. Также используют золь-гель синтез [49], осаждение [50], гидротермальный и сольватермический методы [51].

Осаждение включает реакцию солей цинка, таких как  $Zn(NO_3)_2$ ,  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ ,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  с щелочами LiOH,  $NH_4OH$  и NaOH [50, 52]. Формирование стабильного коллоида наночастиц ZnO обычно проводят в спиртовом растворе [53], поскольку  $Zn(OH)_2$  образуется из водных растворов. Получение наночастиц оксида цинка с различной морфологией возможно путем контроля различных параметров процесса осаждения, таких как концентрация раствора, pH, среда или температура прокаливания [54, 55] использовали гептагидрат сульфата цинка и гидроксид натрия в качестве прекурсора для создания наноструктур оксида цинка. С помощью сканирующей электронной микроскопом (СЭМ), УФ-спектроскопии показано, что морфология синтезированных наночастиц изменяется с температурой прокаливания. При 300 и 500 °C образцы [56] методом осаждения использовался для получения наночастиц ZnO с контролируемой морфологией. Они синтезировали наночастицы размером около 20 нм с хлоридом цинка в качестве предшественника и карбаматом аммония в качестве осаждающего агента. Результаты термогравиметрического анализа и СЭМ показали, что образование осадков и морфология наночастиц зависят от концентрации прекурсора цинка. В работе [57] ZnO был синтезирован с использованием нитрата цинка и мочевины в качестве прекурсоров (осаждающих агентов) при интенсивном перемешивании при 70 °C в течение 2

часов. Окончательно осаждающийся белый раствор центрифугируют при 8000 об/мин в течение 10 минут и промывают водой с добавлением примесей или поглощенных ионов, если они присутствуют. После прокаливания полученного продукта при 500 °С в течение 3 часов образуются частицы с размером 20 нм и псевдосферической структурой. Также возможно использование различных предшественников оксида цинка, таких как нитрат, хлорид, сульфат и ацетат цинка [58], а наиболее узкое распределение имеют частицы, полученные из ацетатного прекурсора – средний размер 25 нм по сравнению с 10–30 и 80–100 нм для частиц, полученных осаждением с использованием хлоридных и сульфатных предшественников, соответственно. На основании этих результатов можно сделать вывод, что успешный синтез осадков зависит от правильного выбора прекурсора наночастиц цинка.

### ***1.1.3 Применение наночастиц оксида цинка***

Наночастицы ZnO проявляют особые каталитические, оптические, антимикробные, ранозаживляющие и противовоспалительные свойства [59, 60], благодаря чему они широко используются в биомедицине, косметологии и восстановлении окружающей среды [61, 62]. Так, благодаря антибактериальным свойствам [63, 64] они используются для очистки воздуха [65] и воды [66], для фильтрации, в упаковке пищевых продуктов [67-69], для текстильных или тканевых покрытий [70].

Наночастицы ZnO также нашли широкий спектр применения, включая пьезоэлектрику, электронику, сенсоры, преобразователи солнечной энергии, суперконденсаторы [71, 72].

Его антимикробные, дезинфицирующие и высушивающие свойства делают ZnO пригодным для фармацевтических продуктов, в основном в виде мазей и кремов [73]. В косметическом секторе ZnO используется в качестве красителя или наполнителя, в солнцезащитных кремах в качестве УФ-блокатора [74, 75], а также в качестве успокаивающего и защитного покрытия от раздражения и истирания кожи.

Гетерогенный фотокатализ, в котором используются полупроводниковые катализаторы, включая ZnO и ZnS, продемонстрировал свою эффективность в разложении широкого спектра органических соединений в биоразлагаемых соединениях и в конечном итоге превратил их в безвредные углекислый газ и воду [76]. В области фотокатализа сегодня ZnO стал основным кандидатом в системе экологического менеджмента окружающей среды из-за его нетоксичности, рентабельности, значения ширины запрещенной зоны, близкого к УФ (3,37 эВ), его превосходной способности расти во многих различных наноструктурированных формах (проволоки, стержни), высокая окислительная способность и химическая и оптическая стабильность [77].

Одним из наиболее важных подходов к энергосбережению в промышленности является использование смазочных материалов для уменьшения трения, регулирования генерируемого тепла и улучшения теплообмена. Среди различных методов улучшения теплопередачи жидкостей добавление твердых частиц размером от 1 до 100 нм и приготовление наножидкостей привлекли внимание многих исследователей в последние десятилетия. В работе [78] на повышение тепловых характеристик моторного масла SAE 50 путем добавления наночастиц оксида цинка. Исследования проводятся в интервале температур от 25 до 55 °C и в объемных долях от 0,125 до 1,5 %. Полученные результаты выявили тенденцию к увеличению теплопроводности при увеличении температуры и концентрации. Максимальное повышение теплопроводности составило 8,74 %.

#### ***1.1.4 Антибактериальные свойства наночастиц ZnO***

Появление патогенных бактерий, устойчивых к противомикробным препаратам, стало серьезной проблемой для здоровья. Подразумевается, что более 70 % бактерий, вызывающих отравление и инфекцию, устойчивы к одному или нескольким противомикробным агентам, которые обычно используются для искоренения инфекционного лечения отравлений. Разработка новых и

эффективных противомикробных препаратов, по-видимому, имеет первостепенное значение.

Состав, форма [79-82], заряд [83] и размер наночастиц являются ключевыми факторами, влияющими на эффективность противомикробных препаратов [84].

Наряду с наночастицами  $\text{TiO}_2$ , имеющими высокую антимикробную [85] [86, 87] и противогрибковую [88] активность, наночастицы  $\text{ZnO}$  обладают преимуществами. Безопасность  $\text{ZnO}$  и его совместимость с кожей человека делают его подходящей добавкой для применения в пищевых продуктах и поверхностях, соприкасающихся с телом человека и пищевыми продуктами [89]. Действительно, наночастицы  $\text{ZnO}$  проявляют антибактериальное действие на грамположительные и грамотрицательные бактерии, а также на споры, которые устойчивы к высокой температуре и высокому давлению. Была показана эффективная антибактериальная активность наночастиц  $\text{ZnO}$  (12 нм) по сравнению с микрочастицами (2 мкм) [90]. В работе [91] исследовали влияние концентрации и размера частиц на антибактериальную активность  $\text{ZnO}$  против *S.aureus* и *E.coli*. На основании его результатов было обнаружено, что антибактериальная активность  $\text{ZnO}$  возрастала с уменьшением размера частиц от 100 до 800 нм и увеличением концентрации порошка от 0,001 до 10 мг/л. В работе [92] была показана сравнительная антимикробная активность наночастиц  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CuO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  против грамотрицательных (*E.coli* и *P.aeruginosa*) и грамположительных (*S.aureus* и *B.subtilis*) бактерий. Согласно результатам, наибольшая антибактериальная активность была отмечена для наночастиц  $\text{ZnO}$ , тогда как наночастицам  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  проявляли наименьший бактерицидный эффект.

Пептонный раствор представляет собой питательный раствор и традиционно используется для культивации многих бактерий [93]. Синтетический пептон, смесь аминокислот с заданным содержанием электролитов [94], также может быть использован для культивации организмов и в качестве среды для оценки токсичности наночастиц. Однако, исходными данными для биологического тестирования являются не только исходные

характеристики наночастиц, но и их дисперсионные и электрокинетические свойства при взаимодействии в водной среде с аминокислотами.

Наночастицы ZnO снижают жизнеспособность бактерий, однако основной и точный механизм его антибактериальной активности не был хорошо понят. Среди механизмов антимикробного действия наночастиц были предложены выделение токсичных ионов металлов в результате растворения наночастиц и окислительный стресс в результате образования активных форм кислорода (АФК) на поверхности наночастиц [95, 96]. Кроме того, генерация АФК на поверхности частиц, высвобождение ионов цинка, дисфункция мембран также могут рассматриваться как возможные причины повреждения клеток [97]. Положительный поверхностный заряд металлических наночастиц способствует их связыванию с бактериями с отрицательным поверхностным зарядом, что может привести к усилению бактерицидного эффекта.

Полимерные нанокомпозиты, содержащие наночастицы ZnO, в целом признаны безопасным веществом. Однако подробный механизм антибактериального свойства ZnO пока не совсем ясен. Некоторые исследователи считают, что взаимодействие между высвобождаемыми ионами  $Zn^{+}$  из наночастиц ZnO и клеточными поверхностями, которое влияет на проницаемость клеточных мембран и вызывает окисление в бактериальных клетках, что впоследствии приводит к ингибированию роста клеток и, в конечном итоге, к гибели клеток [98, 99]. Но другие считают, что активный кислород, вырабатываемый ZnO, является ключевым материалом для уничтожения бактерий [100, 101]. Независимо от того, какой механизм является правдой, непосредственное воздействие наночастиц ZnO на бактерии должно быть ключевым шагом для усиления их антибактериального эффекта в полимерных композитах.

## 1.2 Дисперсные системы

### 1.2.1 Классификация дисперсных систем

Дисперсная система (дисперсия) представляет собой смесь двух веществ, одно из которых (дисперсная фаза) распределено в виде разделенных частиц по всему другому веществу (непрерывная фаза, дисперсионная среда) [102, 103].

1. Дисперсные системы разделяют по размеру частиц на:

– грубодисперсные системы (суспензии) – гетерогенные дисперсные системы, в которых частицы дисперсной фазы имеют размеры более 1000 нм, характеризующиеся относительно быстрым оседанием дисперсной фазы;

– коллоидные (микрогетерогенные системы) – дисперсные системы, в которых размер частиц дисперсной фазы находится в диапазоне от 10 мкм и выше (молоко (эмульсия жира и некоторые другие вещества в воде), туман (аэрозоль водных микрокапель в воздухе));

– высокодисперсные (ультрамикрогетерогенные) системы (золи) – дисперсные системы с размерами частиц 1...100 нм [104].

По агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды (классификация, предложенная В. Оствальдом) выделяют 8 типов дисперсных систем (таблица 1.1). Сами коллоидно-дисперсные системы часто называют «золями», например, аэрозоль (дисперсионная среда – газ), лиозоль (дисперсионная среда – жидкость), алкозоль (дисперсионная среда – спирт), гидрозоль (вода) и т.п.

Таблица 1.1 – Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды [105]: (Г – газ, Ж – жидкость, Т – твердое тело)

Агрегатное состояние дисперсной фазы	Агрегатное состояние дисперсионной среды	Условное обозначение системы	Общее название системы
Г	Г	Г/Г	не существуют
Ж	Ж/Г	аэрозоли*	туманы, тучи, облака
Т	Т/Г	аэрозоли*	пыль, дым, порошки

Окончание таблицы 1.1

Г	Ж	Г/Ж	лиозоли. пены или газовые эмульсии
Ж	Ж/Ж	лиозоли, эмульсии	молоко, сливочное масло, сырая нефть, кремы
Т	Т/Ж	лиозоли, суспензии или взвеси	природная вода
Г	Т	Г/Т	твердые золи, пористые и капиллярные системы
Ж	Ж/Г	твёрдые золи, твёрдые эмульсии	почвы, влажные грунты, жемчуг, опал
Т	Т/Т	твердые золи*	цветные стекла, минералы, сплавы металлов, бетон

По межфазному взаимодействию дисперсной фазы и дисперсионной среды дисперсные системы делят на лиофобные (ненавидящими растворитель) и лиофильными (любящими растворитель). Термины гидрофобный и гидрофильный используются, когда растворителем является вода. Молекулы сурфактанта имеют тенденцию связываться в воде в агрегаты, называемые мицеллами, и они представляют собой гидрофильные коллоидные дисперсии. Белки и смолы также образуют лиофильные коллоидные системы из-за сходного сродства между диспергированными частицами и непрерывной фазой. С другой стороны, дисперсии капель масла в воде или капель воды в масле являются примерами лиофобных дисперсий.

Именно из-за разделения вещества в коллоидных системах они обладают особыми свойствами. Общей особенностью этих систем является большое отношение поверхности к объему диспергированных частиц. Как следствие, существует тенденция ассоциации частиц к уменьшению их площади поверхности. Например, эмульсионные капли в конечном итоге объединяются, образуя макрофазу, достигая минимальной площади поверхности и, следовательно, равновесного состояния. В этой главе будет рассмотрено, как можно понять стабильность коллоидных дисперсий, рассматривая силы, действующие между дисперсными частицами. Будут описаны подходы к составу

эмульсий, суспензий и аэрозолей, а нестабильность этих грубых дисперсий будет обсуждаться с использованием теории коллоидной стабильности.

По взаимодействию между частицами дисперсной фазы различают свобододисперсные (частицы дисперсной фазы свободно перемещаются по всему объему системы (например, аэрозоли, золи, разбавленные эмульсии)) и связнодисперсные (контактирующие частицы дисперсной фазы образуют каркас, сообщающий этим системам прочность и другие структурно-механические свойства (например, гели, студни, твердые золи и пены, концентрированные эмульсии и т.д.). дисперсные системы [106].

### ***1.2.2 Агрегативная устойчивость дисперсных систем***

Агрегация (коагуляция) – это самопроизвольный процесс уменьшения степени дисперсности дисперсной фазы (т.е. объединение частиц в более крупные агрегаты).

Агрегация частиц может быть гомогенной (коагуляция частиц одного типа) и гетерогенной (взаимодействие частиц разной структуры и разных фаз) [107].

С точки зрения термодинамики агрегативная неустойчивость коллоидных систем обусловлена положительной свободной поверхностной энергией, сосредоточенной на межфазной поверхности. Так как все системы, обладающие свободной избыточной энергией, неустойчивы, это обуславливает способность коллоидных систем коагулировать. Однако, термодинамическое толкование недостаточно для описания процесса, т.к. только на его основе нельзя определить механизм и скорость, то есть кинетику процесса.

Согласно кинетическим представлениям, устойчивость коллоидной системы определяется вероятностью того, что сталкивающиеся частицы будут иметь кинетическую энергию меньшую, чем энергия отталкивания.

Неустойчивость коллоидной системы, то есть скорость её коагуляции, определяется наличием сил притяжения между частицами, вероятностью столкновений частиц, вероятностью удобной для слипания ориентации частиц, а

также вероятностью наличия у сталкивающихся частиц некоторой избыточной энергии  $E_a$  (энергии активации), необходимой для преодоления сил отталкивания.

Силы притяжения имеют различную природу: электростатическое притяжение заряженных частиц, ковалентные связи между поверхностными молекулами соседних частиц, донорно-акцепторные и ван-дер-ваальсовы силы между поверхностными молекулами соседних частиц, а также силы электромагнитных флуктуаций вакуума (силы Казимира), которые возрастают при сближении частиц.

Силами отталкивания могут являться электростатические силы одноименно заряженных частиц. Заряд, одинаковый для всех частиц, возникает в результате избирательной адсорбции межфазной поверхностью одного из ионов электролита, присутствующего в системе, с образованием двойного электрического слоя (ДЭС). Уменьшение электростатического отталкивания частиц в лиозолях может произойти в результате введения в них растворов электролитов [103]. Другой причиной отталкивания является образование на поверхности частиц сольватной оболочки из молекул среды. Подобная оболочка возникает также в результате адсорбции дисперсной фазой молекул или ионов третьего компонента (стабилизатора) системы.

Возникновение на межфазной поверхности ДЭС является результатом взаимодействия сопряженных фаз за счет избыточной поверхностной энергии. Стремление гетерогенной системы к уменьшению поверхностной энергии вызывает определенное ориентирование полярных молекул, ионов в поверхностном слое, вследствие чего соприкасающиеся фазы приобретают заряды противоположного знака, но равной величины. В результате на границе раздела фаз возникает ДЭС, обуславливающий различные электроповерхностные энергии [108].

Современная теория строения ДЭС, предложенная Штерном: двойной электрический слой на твердых поверхностях состоит из плотной и диффузной частей. Часть противоионов находится на расстояниях порядка диаметра иона от

поверхности ядра, образуя адсорбционный слой противоионов (который называют слоем Гельмгольца или адсорбционным слоем Штерна). Другая часть образует диффузный слой (слой Гуи-Чепмена). Экспериментально определяют потенциал диффузной части ДЭС, ограниченный плоскостью скольжения жидкости относительно поверхности, поэтому его называют электрокинетическим потенциалом и обычно обозначают греческой буквой  $\zeta$  (дзета,  $\xi$ -потенциал). Поскольку  $\zeta$ -потенциал пропорционален заряду коллоидной частицы, агрегативная устойчивость золя возрастает с увеличением его величины.

Первый слой – адсорбционный слой Штерна образуют противоионы, находящиеся у самой поверхности (упрощенно можно считать это расстояние равным радиусу противоиона). Соотношение между электростатическими и адсорбционными силами определяет концентрацию ионов и заряд поверхности. Если адсорбционная способность противоионов велика, то возрастает их концентрация в первом слое, а заряд поверхности уменьшается. В тех случаях, когда адсорбционные силы превышают силы электростатического взаимодействия, первый слой может состоять даже из ионов, одноименных с потенциал-определяющими.

За пределами адсорбционного слоя начинается диффузный слой (слой Гуи-Чепмена), который существует благодаря диффузии ионов, направлению которой противоположно электростатическому притяжению и другим силам адсорбции. Повышение концентрации электролитов приводит к сжатию ДЭС, причем способность ионов сжимать диффузный слой возрастает с увеличением их валентности [102].

### ***1.2.3 Коллоидные свойства наночастиц ZnO в растворах***

Важной проблемой, которая до сих пор мало изучена, является агрегация наночастиц в контексте взаимодействия с окружающей средой. На агрегацию наночастиц, влияют физические (форма частиц, размер, площадь поверхности и заряд) и адсорбционные свойства рассматриваемого наноматериала. Кроме того,

такие факторы, как pH, ионная сила, жесткость воды и присутствие органических веществ, могут потенциально изменять агрегацию наночастиц, что, в свою очередь, может влиять на их токсичность и реакционную способность [109].

Аминокислоты являются неотъемлемыми составляющими белков, являются компонентами биологических жидкостей, лекарственных и косметических средств, а также в свободном виде могут присутствовать в почве [110]. В литературе показано, что адсорбция аминокислот на поверхности наночастиц может существенно менять поведение частиц, усиливая или ослабевая агломерацию в водных средах [111]. Поэтому изучение их влияния на физико-химические свойства наночастиц является важной задачей понимания особенностей взаимодействия наночастиц с биоокружением, что позволяет прогнозировать токсичность наноматериалов для дальнейшего применения. В целом, аминокислоты являются вторым по величине компонентом экссудатов в корневой зоне [112]. Таким образом, понимание влияния аминокислот на поведение наночастиц важно для прогнозирования их судьбы в окружающей среде и понимания того, как химические компоненты и процессы в корневой среде обитания влияют на поведение наноматериалов. Типичные растворы аминокислот при естественном значении pH ( $pH = 5,5 \dots 8,5$ ) имеют характерные заряды. Например, гистидин заряжен положительно, глицин нейтрален, аспарагиновая кислота и глутамат имеют отрицательный общий заряд. Эти четыре аминокислоты являются типичными для тех, которые встречаются в природе в окружающей среде и которым наночастицы ZnO могут подвергаться воздействию в случае их высвобождения, особенно в наземных местах обитания. В целом, эти аминокислоты содержатся в окружающей среде в органических нейтральных почвах [113].

Коллоидную стабильность наночастиц в растворе и их склонность к агломерации можно рассматривать в рамках электростатических, стерических и ван-дер-ваальсовых сил, которые можно обобщить, используя теорию ДЛВО (Дерягина – Ландау – Вервея – Овербека) [114]. Агломерация и коллоидная стабильность частиц, и в этом случае дисперсий наночастиц, определяются

суммой сил притяжения и отталкивания между отдельными наночастицами. Притяжение между наночастицами объясняется силами Ван-дер-Ваальса. Взаимодействие электрического двойного слоя, окружающего каждую частицу, называется электростатической силой отталкивания. Когда частицы покрыты органикой, между частицами создается стерическое отталкивающее усилие, которое обусловлено энтропийным эффектом, возникающим в результате уменьшения свободы конфигурации, а не физической силы [115].

В работе [116] описан простой подход синтеза наночастиц  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  со средним размером 10 нм с применением глицина, который препятствует росту частиц и их агрегации. Белки, включающие аминокислоты, усиливают диспергирование наночастиц в клеточных культуральных средах [117]. В тоже время наночастицы  $\text{ZnO}$  (100 нм) агрегируют в присутствии полисахаридов и триптофана. При этом агрегация наночастиц усиливается в ряду  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{F}^-$  [118].

Показано, что распределение частиц по размерам наночастиц  $\text{ZnO}$  (50 нм) уменьшалось с увеличением концентрации (0...100 мМ) аминокислот, дающих разный заряд в воде (глицин, гистидин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты) с различной концентрацией независимо от pH в диапазоне 5,5...8,5 [119].

В работе [120] модифицировали наночастицы  $\text{ZnO}$  с размером 7-8 нм с помощью цистеина и продемонстрировали улучшение их биосовместимости без изменения антибактериальных свойств. Благодаря группе  $\text{S}^-$  в молекуле [121] цистеин способен адсорбироваться на поверхности наночастиц  $\text{ZnO}$ , в результате чего образуется дополнительный отрицательный заряд, препятствующий агрегации, что было также обосновано с помощью моделирования [122].

### **1.3 Постановка задач исследования**

Таким образом, наночастицы  $\text{ZnO}$  имеют большие перспективы для улучшения качества жизни и здоровья человека, поэтому их производство с

каждым годом растет. Однако, не смотря на перспективы применения, при попадании в окружающую среду, наночастицы ZnO могут проявлять токсичные свойства. В то же время о влиянии абиотических факторов на их поведение известно не много. Поэтому изучение взаимодействия наночастиц с биомолекулами, включая аминокислоты, является актуальной задачей ученых.

Целью выпускной квалификационной работы является установление закономерностей изменения коллоидных и адсорбционных свойств наночастиц оксида цинка в модельном пептоне.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо выполнить следующие задачи:

1) проведение литературного обзора по классификации, применению, методам получения и свойствам наночастиц ZnO;

2) определение размера, состава и морфологии промышленных наночастиц оксида цинка методами просвечивающей электронной микроскопии и метода низкотемпературной адсорбции азота;

3) определение влияния размера и концентрации наночастиц, содержания и типа аминокислоты на коллоидные и адсорбционные свойства наночастиц ZnO со средними размерами от 18...115 нм в растворах, моделирующих пептон, с помощью методов лазерной дифракции, динамического рассеяния света и инфракрасной спектроскопии.

## ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Объекты исследования

#### 2.1.1 Наночастицы оксида цинка

В работе исследовались наночастицы оксида цинка (ZnO), синтезированные разными методами и имеющие разный размер (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Характеристика наночастиц по данным производителей

Образец, обозначение в работе	Состав	Средний размер частиц, нм	Цвет	Метод синтеза	Производитель
ZnO-18	ZnO	14	белый	Осаждение	Plasmachem, Германия
ZnO-25	ZnO	25		Плазмохимический синтез	NanoAmor, США
ZnO-40	ZnO	40		ООО Платина, РФ	
ZnO-80	ZnO	100	серый	Восстановление паров цинка	ОАО Эмпилс, РФ
ZnO-115	ZnO	300	белый		

#### 2.1.2 Аминокислоты

Пептон – это продукты неполного гидролиза белков, представляющие собой смесь полипептидов и аминокислот [122]. Традиционно в экспериментах пептон представляет собой смесь низкомолекулярных аминокислот, включая, с заданным рН [123]. В настоящее время имеется несколько протоколов приготовления пептона [124-126].

Для приготовления модельного пептона использовали четыре низкомолекулярные алифатические аминокислоты, отличающиеся кислотностью: кислые, нейтральные и основные аминокислоты (таблица 2.2.).

Таблица 2.2 – Состав и основные свойства аминокислот [127]

Обозначение в работе	Название	Формула	Тип	М, г/моль	pH <sub>i</sub>	pK <sub>1</sub>	pK <sub>2</sub>	pK <sub>3</sub>
Glu	Глутаминовая кислота	C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>4</sub>	Кислая полярная	147	3.22	2.19	9.67	4.25
Cys	L-Цистеин	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO <sub>2</sub> S	Нейтральная, полярная	121	5.07	1.96	10.28	8.18

## Окончание таблицы 2.2

Gly	Аминоксунная кислота, глицин	$\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$	Нейтральная неполярная	75	5.97	2.34	9.6	-
Arg	L-Аргинин	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_4\text{O}_2$	Основная, полярная	174	10.76	2.17	9.04	12.48
Lys	L-Лизин	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_2$	Основная полярная	145	9.74	2.18	8.95	10.53

Примечание:  $\text{pK}_1$  – отрицательный логарифм константы диссоциации для  $\text{-COOH}$  группы,  $\text{pK}_2$  – отрицательный логарифм константы диссоциации для  $\text{-NH}_3$ ,  $\text{pK}_3$  – отрицательный логарифм константы диссоциации для остальных групп,  $\text{pH}_i$  –  $\text{pH}$  изоэлектрического состояния.

## 2.2 Определение морфологии сухих нанопорошков

Сухие наночастицы исследовали с помощью просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии и метода низкотемпературной адсорбции азота.

### 2.2.1 Электронная микроскопия

С помощью методов сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии (СЭМ и ПЭМ) получали изображения, позволяющие определить дисперсионные свойства сухих частиц.

СЭМ-изображения получали на сканирующем электронном микроскопе VEGA 3 SBH (Tescan, Чехия), оснащенный вольфрамовым термоэмиссионным катодом. Микроскоп имел разрешение до 8 нм при ускоряющем напряжении до 30 кВ. Топографию образца снимали в условиях высокого вакуума ( $<9 \cdot 10^{-3}$  Па) без напыления какого-либо проводящего покрытия.

Морфологию и размер наночастиц исследовали с помощью просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) на микроскопе JEM-2100F (Jeol, Япония) в Нано-Центре ТПУ. 200 мкл суспензии НЧ (2,0 мг/мл  $\text{ZnO}$  в этаноле) наносили на горизонтальную медную решетку и сушили в течение 10 мин под электрической лампой накаливания. Затем сетку помещали на держатели образца  $90^\circ$  и получали изображения при токе пучка 200 кВ.

Полученные изображения обрабатывали с помощью программы JMicroVision для построения распределений не менее 185 частиц и 40 агрегатов по размерам, где определяли средний размер частиц.

### **2.2.2 Низкотемпературная адсорбция азота**

Метод низкотемпературной адсорбции азота использовали для определения удельной поверхности частиц с помощью SorbiPrep (МЕТА, Россия, Нано-Центр ТПУ, г. Томск). В основе вычислений лежала теория Брунауэра – Эммета – Теллера (БЭТ). Согласно методике, измеряли количество жидкого азота поверхностью частиц при 77 К. Перед исследования частицы были дегазированы в течение 45 мин при 200 °С. Измерения проводили не менее трех раз, погрешность измерения составляла 0,2 м<sup>2</sup>/г. Полученное значение удельной поверхности использовали для вычисления условного среднеповерхностного размера частиц  $d$ , допуская, что все частицы одного диаметра и их форма сферическая, по формуле (2.1):

$$d = \frac{6}{S \cdot \rho} \quad (2.1)$$

где  $S$  – удельная площадь поверхности,  $\rho$  – плотность ZnO (5,61 г/см<sup>3</sup>).

### **2.3 Приготовление растворов и суспензий**

Все растворы в работе готовили с использованием дистиллированной воды DW1 (рН = 6,5 ± 0,6, проводимость 0,2 мкС, Аквадистиллятор ДЭ-4 ТЗМОИ, Тюмень Медико, Россия) и DW2 (рН = 6,11 ± 0,2, проводимость 0,2 мкС/см, дистиллятор D-30938, Gesellschaft Labortechnik mbH, Германия) при 22±2 °С. Для создания рН использовали кислотно-основное титрование с помощью 0,1 М растворы NaOH и HNO<sub>3</sub>. Значение рН контролировали и определяли с помощью рН-метра 150-МИ (Измерительная техника, РФ).

Готовые растворы хранили не более трёх суток при комнатной температуре. За час до исследования проверяли и при необходимости корректировали рН.

Посуду мыли в мыльной воде в течение 15-20 мин, промывают водой, помещают на несколько часов в 2 % раствор азотной кислоты, затем тщательно ополаскивают дистиллированной водой и высушивали в сушильном шкафу.

### ***2.3.1 Приготовление физиологического раствора***

В качестве физиологического раствора (физраствор) готовили 0,14 М раствор NaCl: 0,85 г хлористого натрия растворяли в 1 л дистиллированной воды и стерилизовали при  $121 \pm 1$  °С в течение 15 мин. Раствор хранили при комнатной температуре не более 14 дней.

### ***2.3.2 Приготовление модельных пептонов***

Для моделирования пептона готовили растворы на основе воды и физраствора с добавлением одной, двух, трех или четырех аминокислот, таким образом изменяя состав пептона.

Растворы готовили в стеклянных банках объемом 100 мл путем добавления сухой навески кислоты в дистиллированную воду DW2 и физраствора. Раствор Glu подщелачивали NaOH до полного растворения. Полученные растворы аминокислот доводили до рН = 6,5 титрованием. Навеску веществ брали с помощью аналитических весов AND GR-202 (A&D CoLtd., Япония, точность  $\pm 0,0001$  г). Все растворы аминокислот хранили при комнатной температуре не более суток.

Таким образом, для исследований имелись следующие растворы: 0,1 и 0,5 М растворы индивидуальных аминокислот и растворы смесей. В смесях создавалось равное молярное соотношение аминокислот. Например, в смеси Gly : Glu : Lys : Cys молярное соотношение составляло 1:1:1:1. Концентрация каждой аминокислоты в пептоне составляла 0,5 М.

### ***2.3.3 Приготовление суспензий в воде и физрастворе***

В работе готовили суспензии на основе DW2 и физраствора в закрытых пластиковых одноразовых контейнерах, с концентрацией частиц, соответственно 50 и 1000 мг/л. Суспензии с концентрацией 50 мг/л обрабатывали 10 минут в ультразвуковой ванне Super RK 106 (Sonorex, Германия, 480 Вт). После чего 1 мл суспензии использовали для определения по методике, описанное в п.п.2.4.2.

Суспензии с концентрации 1000 мг/л обрабатывали 1 час в ультразвуковой ванне Super RK 106 (Sonorex, Германия, 480 Вт) затем разбавляли в 2 раза дистиллированной водой DW2 затем отбирали 1 мл для исследования дисперсионных и электрокинетических свойств по методике п.п. 2.4.2. и п.п. 2.4.3.

### ***2.3.4 Приготовление суспензий в пептоне***

Суспензию в пептоне готовили закрытых пластиковых одноразовых контейнерах, концентрация порошка в суспензии составила 50 и 1000 мг/л и была подобрана экспериментально для получения воспроизводимых данных при проведении дисперсионного анализа. После добавления частиц в суспензию pH суспензий повторно доводили до 6,5 и после чего в течение 10 мин обрабатывали в ультразвуковой ванне Super RK 106 (Sonorex, Германия, 480 Вт) для концентрации 50 мг/л и в течение 1 ч в ультразвуковой ванне Super RK 106 (Sonorex, Германия, 480 Вт) для концентрации 1000 мг/л. Затем отбирали аликвоту (15 мл) из суспензии с концентрацией наночастиц 1000 мг/л для изучения агрегативной устойчивости и коэффициента адсорбции аминокислот.

## **2.4 Исследование коллоидных и адсорбционных свойств**

### **наночастиц**

В работе оценивали агрегативную устойчивость через изменение коллоидных свойств (распределение частиц по размерам и среднего размера

частиц) и электрокинетической стабильности ( $\xi$ -потенциал поверхности частиц).

Для изучения адсорбционных свойств в работе определяли эффективность адсорбции ( $A_{ds}$ , %, доля адсорбированной кислоты из суспензии, в %) и коэффициент адсорбции (количество адсорбированного глицина в приготовленном объеме единицей поверхности ( $A_{ds}$ , М/м<sup>2</sup>) [128]. Концентрацию аминокислоты в растворах определяли с помощью инфракрасной спектроскопии.

#### **2.4.1 Метод лазерной дифракции**

Дисперсионные свойства наночастиц в водных суспензиях исследовали с помощью метода лазерной дифракции (ЛД), основанном на регистрации интенсивности рассеянного света, угловая зависимость которого определяется размером и оптическими свойствами частиц [129]. Исследование проводили на лазерном анализаторе SALD 7001 (Shimadzu, Япония) в Нано-Центре ТПУ, г. Томск. В эксперименте навеску сухого нанопорошка добавляли в дистиллированную воду DW2 в конусообразном смесителе прибора. Далее при постоянном перемешивании лопастной мешалкой и ультразвуковой обработке (50 Вт) в течение 5 мин проводили не менее трех раз измерения численного распределения частиц по размерам (лазер с длиной волны 375 нм, коэффициент адсорбции ZnO – 200-000). Из гистограмм распределения рассчитывали средний размер агрегатов ( $d_{cp}$ ) по формуле (2.2):

$$d_{cp} = \sum d \cdot \frac{q(\%)}{100}, \quad (2.2)$$

где  $d$  – размер частиц/агрегатов в суспензии,  $q$  – доля частиц с размером  $d$  в суспензии.

Степень агрегации ( $A$ ) в водной суспензии оценивали, как число частиц со средним размером из данных метода ПЭМ, образующих агрегат со средним размером согласно методу лазерной дифракции (п.п. 2.4.1) и динамического рассеяния света (п.п. 2.4.2).

### **2.4.2 Динамическое рассеяние света**

В основе этого метода динамического рассеяния света (ДРС) лежит расчет распределения частиц по размерам совокупности хаотично движущихся частиц (Броуновская диффузия) в растворе, облучаемых монохромным источником света (лазером), на основе измерения интенсивности рассеяния, измеряемой детектором, размещенным в некоторой точке пространства, зависящей от относительной позиции частиц в рассеивающем объеме.

Расчет размера частиц  $d$  с использованием уравнения Стокса-Эйнштейна по формуле (2.3):

$$d = 2 \frac{kT}{6\pi\eta D}, \quad (2.3)$$

где  $k$  – постоянная Больцмана,  $\eta$  – вязкость раствора,  $T$  – температура.

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  $\zeta$ -потенциала) или многоразовую кювету (определение размеров). Измерения проводили не менее трех раз. Эксперимент повторяли два раза в разные дни. Расчет среднего размера по данным распределения частиц по размерам проводили по формуле (2.2).

### **2.4.3 Инфракрасная спектроскопия**

Метод инфракрасной спектроскопии использовали для определения концентрации аминокислоты в растворе и центрифугате.

Суспензию (15 мл) центрифугировали в течение 60 минут при скорости 6000 об/мин на центрифуге Eba 20 (Hettich, Германия). Для центрифугата снимали ИК-спектр с помощью ИК-Фурье спектрометра Thermo Nicolet 380 (Thermo Scientific, США) при длине волны 4000...400 см<sup>-1</sup>. Для определения доли адсорбированной кислоты из суспензии (Ads, %) оценивали интенсивность пиков

в центрифугате, которые соответствовали группам  $\text{COO}^-$  ( $1410\text{-}1415\text{ см}^{-1}$ ) и  $(\text{CH}_2)/(\text{CH})$  ( $1330\text{-}1335\text{ см}^{-1}$ ) [111]. Найденную интенсивность этого пика соотносили с калибровочной кривой (рисунок 2.1), построенной для  $0\text{...}1\text{ М}$  растворов аминокислоты при заданной рН, и рассчитывали концентрацию аминокислоты в центрифугате.

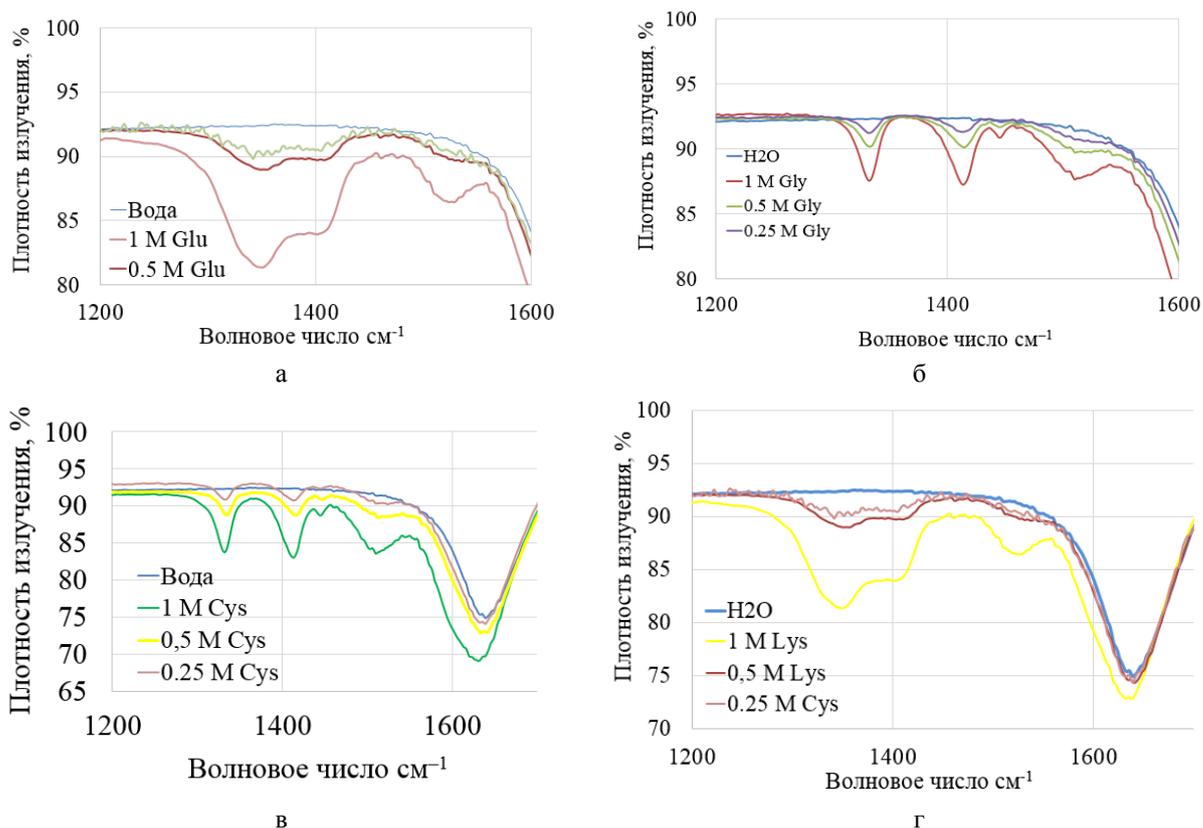


Рисунок 2.1 – Калибровочные кривые для раствора Glu (а), Gly (б), Cys (в) и Lys (г)

Коэффициент адсорбции (количество адсорбированного глицина в приготовленном объеме единицей поверхности ( $\text{Ads}, \text{М}/\text{м}^2$ ) рассчитывали по формуле (2.4):

$$\text{Ads} = (C_0 - C_1) \cdot V_{\text{р-ра}} / (m_{\text{НЧ}} * S_{\text{уд}}) \quad (2.4)$$

где  $C_0$  – концентрация ПАВ в исходном растворе, М;  $C_1$  – концентрация ПАВ в растворе, отделенном от порошка, М;  $V_{\text{р-ра}}$  – объем водного раствора ПАВ, л;  $m_{\text{НЧ}}$  – навеска наночастиц, г;  $S_{\text{уд}}$  – удельная поверхность порошка,  $\text{м}^2/\text{г}$ .

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

Студенту:

<b>Группа</b> 4БМ82	<b>ФИО</b> Болатовой Жанар
------------------------	-------------------------------

<b>Школа</b> <b>Уровень образования</b>	<b>ИШНПТ</b> Магистратура	<b>Отделение школы (НОЦ)</b> <b>Направление/специальность</b>	<b>ОМ</b> 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
--	------------------------------	--	---

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет исследования – не более 276061 руб., в т.ч. затраты на оплату труда – не более 150000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность». Значение интегрального показателя ресурсоэффективности – не менее 4 баллов из 5
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам – 30% от ФОТ

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

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ	Проведена оценка коммерческого потенциала проекта с анализом потенциальных потребителей, факторов макро и микросреды.
2. Разработка устава научно-технического проекта	Составлен SWOT-анализ проекта, выявлены его сильные и слабые стороны. проведена оценка надежности и возможностей проекта.
3. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование работ по проекту Формирование сметы расходов на реализацию проекта
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение ресурсной и финансовой эффективности проекта

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка готовности проекта к коммерциализации
2. SWOT-анализ
3. Перечень работ
4. Диаграмма Ганта
5. Бюджет НИИ
6. Оценка ресурсоэффективности НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения социально - гуманитарных наук	Спицына Л. Ю.	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ82	Болатова Жанар		

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

Темой дипломного проекта является «Агрегативная устойчивость и адсорбционные свойства наночастиц оксида цинка в модельном пептоне».

Эффективность адсорбции аминокислот на поверхности наночастиц оценивалась методом ИК-спектроскопии с применением ИК-спектрометра Thermo Nicolet 380 по принципу сравнения спектров водных растворов аминокислот до и после выдерживания нанопорошков. Агрегативная устойчивость суспензий оценивалась по кинетике изменения дисперсионных и электрокинетических параметров частиц в жидкой дисперсионной среде с помощью лазерного анализатора частиц Malvern Zetasizer Nano, принцип действия которого основан на рассеянии света, позволяющего определять дисперсионные (гидродинамический радиус, объемное и количественное распределение частиц по размерам) и электрокинетические (дзета-потенциал, электрофоретическая подвижность частиц, электропроводность) свойства лиофобных суспензий с дисперсной фазой размером от 0,6 нм до 10 мкм.

Целью данного раздела является оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-технического исследования (НТИ), планирование процесса управления НТИ, определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.

### **4.1 Потенциальные потребители**

К потенциальным потребителям готового продукта – суспензий – могут быть отнесены коммерческие организации, производящие косметические средства, бактериологические лаборатория, БАДы. А также научно-технические институты.

Помимо этого, к потенциальным потребителям продукта – методики приготовления устойчивых суспензий – можно отнести лаборатории и компании

из отдаленных регионов. С такими компаниями возможно проведение эксперимента удаленно, согласно их техническому заданию (ТЗ).

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка

		Отрасли промышленности	
		Фармацевтические компании	Бактериологические лаборатории
Спрос	Низкий	-	-
	Средний	+	+
	Высокий	-	-

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции

Основными конкурентами в области приготовления агрегативно устойчивых суспензий являются:

- Институт физики и прочности материаловедения СО РАН, Лаборатория Физикохимии высокодисперсных материалов. Заведующий – Лернер Марат Израильевич, доктор технических наук, г. Томск, Россия.
- Институт экологической медицины. Направление молекулярной токсикологии. Глава – профессор Bengt Fadeel, Стокгольм, Швеция.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле (4.1):

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

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $V_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

В таблице 4.2 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Основываясь на знаниях о конкурентах, в таблице показаны преимущества данной разработки.

В таблице 4.2 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок). Основываясь на знаниях о конкурентах, в таблице показаны преимущества данной разработки.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,05						
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05						
3. Помехоустойчивость	0,01						
4. Энергоэкономичность	0,04						
5. Надежность	0,05						
6. Уровень шума	0,05						
7. Безопасность	0,03						
8. Потребность в ресурсах памяти	0,02						
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,01						
10. Простота эксплуатации	0,04						
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,03						
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,02						
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,03						
2. Уровень проникновения на рынок	0,02						
3. Цена	0,05						
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,03						
5. Послепродажное обслуживание	0,02						
6. Финансирование научной разработки	0,05						
7. Срок выхода на рынок	0,05						
8. Наличие сертификации разработки	0,05						
Итого:	1	97	87	86	91	80	84

Примечание: Б<sub>ф</sub> – экспертный метод; Б<sub>к1</sub> – статистический метод; Б<sub>к2</sub> – аналитический метод; К<sub>к1</sub> – конкурентоспособность научной разработки; К<sub>к2</sub> – конкурентоспособность конкурента.

Из анализа существующих конкурентных технических решений (таблица 4.2), следует, что предлагаемая методика приготовления суспензии с

наночастицами оксида цинка в модельном пептоне и проверка на адсорбционные свойства нанопорошков обеспечивает высокое качество приготовления суспензии.

### 4.1.3 FAST-анализ

В рамках магистерской диссертации в качестве объекта FAST-анализа выступает объект исследования. Объектом исследования в данной работе являются суспензии на основе оксида цинка в модельном пептоне.

Главной функцией объекта исследования в данной работе является приготовление суспензии оксида цинка в модельном пептоне.

Основной функцией является исследование свойств и поведение нанопорошка оксида цинка в модельном пептоне.

Вспомогательной функцией является подготовка опытных образцов к исследованиям. В таблице 4.3 приведены все процессы с описанием их функций.

Таблица 4.3 – Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование процесса	Выполняемая функция	Ранг функции		
		Главная	Основная	Вспомогательная
Подготовка смеси	Ультразвуковая активация порошковых материалов	X		
Приготовление суспензии	Приготовление суспензии на растворах низкомолекулярных аминокислот	X		
Исследование свойств	Исследования физико-химическими методами свойства порошков в модельном пептоне		X	
Пробоподготовка	Подготовка опытных образцов к исследованиям			X

Для оценки значимости функций был использован метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глуценко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции. На первом этапе построена матрица смежности функции (таблица 4.4) на основании ранга функций (таблица 4.3).

Таблица 4.4 – Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4
Функция 1	=	=	<	<
Функция 2	=	=	<	<
Функция 3	>	>	=	<
Функция 4	>	>	>	=

Примечание: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая.

Стадия 2. Матрица смежности преобразована в матрицу количественных соотношений функций (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Матрица количественных соотношений функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Итого
Функция 1	1	1	0,5	0,5	3
Функция 2	1	1	0,5	0,5	3
Функция 3	1,5	1,5	1	0,5	4,5
Функция 4	1,5	1,5	1,5	1	5,5
Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»					$\Sigma = 16$

В рамках 3 стадии происходит определение значимости функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям. Так, для функции 1 относительная значимость равна  $3/16 = 0,19$ ; для функции 2 –  $3/16 = 0,19$ ; для функции 3 –  $4,5/16 = 0,28$ ; для функции 4 –  $0,34$ .

Стадия 4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Таблица 4.6 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость, нормо-ч	Стоимость материала руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.
Подготовка смеси	Ультразвуковая активация порошков оксида цинка	-	1 ч.		-	685 0,032
Приготовление суспензии	Приготовление суспензии на растворах низкомолекулярных аминокислот	0,0005- ZnO	2 ч		-	9600,21 0,451

Окончание таблицы 4.6

Исследования физико-химическими методами свойства порошков в модельном пептоне	-	-	-	-	9000 0,423
Подготовка опытных образцов к исследованиям	-	-	-	-	2000 0,094
Итого					21285,21

Стадия 5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.

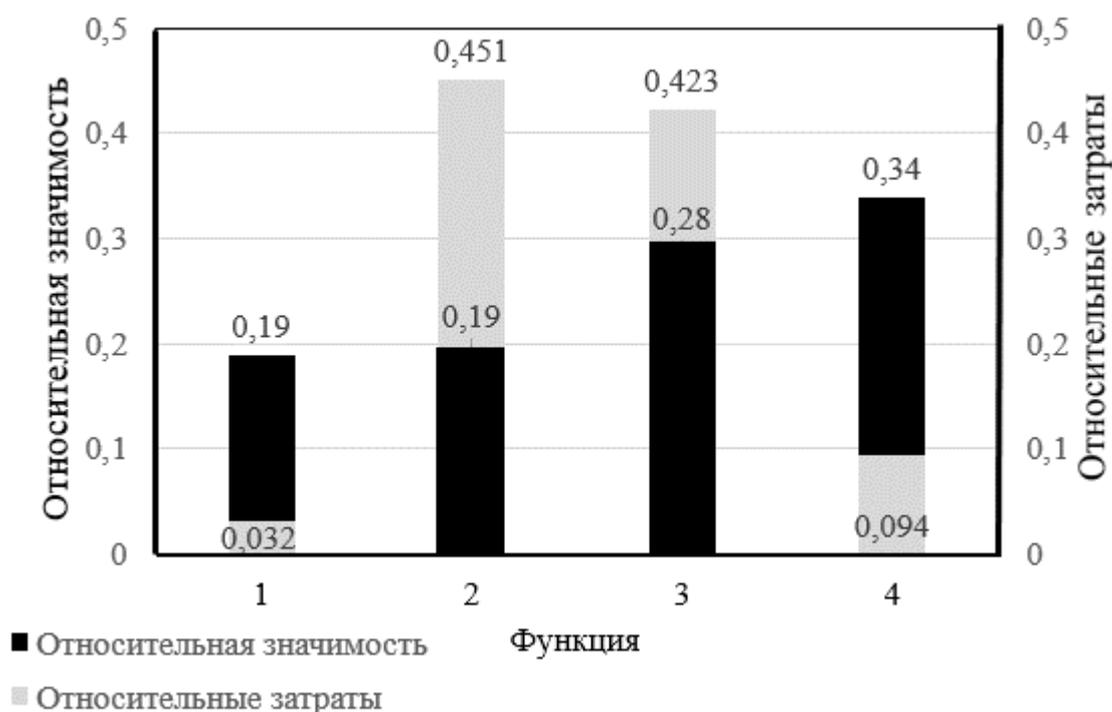


Рисунок 4.1 – Функционально-стоимостная диаграмма

Анализ приведенной выше ФСД (рисунок 4.1) показывает, что основные затраты связаны с физико-химическими исследованиями. Хотелось отметить, что при достижении оптимальных результатов и запуске производства, необходимость в них практически отсутствует. И на данном этапе затраты оправданы.

#### **4.1.4 SWOT-анализ**

Одним из методов стратегического планирования проекта является SWOT-анализ. Он позволяет выявить факторы внешней и внутренней среды организации и проанализировать их сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Так, сильные и слабые стороны – это факторы внутренней среды объекта, на которые возможно повлиять путем изменения самого объекта. А возможности и угрозы – факторы внешней среды, которые могут повлиять на объект извне, и, при этом, объектом не контролируются. Для проведения анализа составляется матрица SWOT (таблица 4.7).

Анализируя матрицу SWOT анализа (таблица 4.7) можно выделить следующие моменты:

1. Использование сильных сторон проекта для освоения рыночных возможностей (S-O). Разработка отличается простотой и доступностью предложенных методов, ресурсоэффективностью, экологической безопасностью и низкой себестоимостью. Это способно привлечь инвестиционные средства, а также привлечь финансирование на проведение дальнейших исследований по заявленной тематике. Учитывая то, что материаловедение и нанотехнологии являются приоритетными направлениями развития экономики РФ, можно получить государственную поддержку проекта на стадии НИР и на стадии коммерциализации.

2. Минимизация влияния слабых сторон для устранения угроз (W-T). Главной слабостью проекта является нестабильное финансирование, или даже его отсутствие. Что приводит к недостаточной оснащенности лабораторий, закупке более дешевых материалов, невозможности оплаты некоторых видов исследований (токсикологические, биологические и пр.) Проблему можно решить созданием коллабораций с лабораториями научно-исследовательских институтов, делегированием некоторых видов работ студентам и сотрудничеством с лабораториями университетов (ТПУ, ТГУ, МИСиС, СГУ)

Таблица 4.7 – Матрица SWOT-анализа проекта

<b>Сильные стороны:</b>		<b>Слабые стороны:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Имеется научный задел для выполнения проекта;</li> <li>- Университет имеет развитую научную, энергетическую, социальную и транспортную инфраструктуру;                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Обширная база материалов;</li> </ul> </li> <li>- Возможность работать в лабораториях ведущих ВУЗов в области наноматериаловедения (НИ ТПУ, НИТУ МИСиС);</li> <li>- Руководители и научные консультанты имеют высокий уровень квалификации.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Недостаток инвестиций;</li> <li>- Ограниченное время работы над проектом – 2 года обучения в магистратуре;</li> <li>- В команде проекта 2 человека: студент и руководитель.</li> </ul>
<b>Возможности:</b>	<b>Сильные стороны и возможности:</b>	<b>Слабые стороны и возможности:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Наноиндустрия становится популярной и востребованной отраслью с открытыми к освоению сегментами рынка;</li> <li>- Бурно развиваются отрасли применения нанотехнологий;</li> <li>- В России осуществляется стратегия импортозамещения в научно-технической сфере;</li> <li>- Есть возможность выхода на зарубежные рынки</li> <li>- Есть возможность получить поддержку научно-исследовательской работы от государства и частных фондов;</li> <li>- Есть возможность работать с зарубежными партнерами и исследовательскими центрами</li> <li>- Есть возможность привлекать студентов для работы над проектом в рамках НИРС.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Проект коммерциализируемый</li> <li>- Проект поддерживается научными школами и есть возможность консультации с ведущими учеными отрасли.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Объем работы и количество человек команды несоизмеримо с реализацией возможностей;</li> <li>- Требуется дополнительные инвестиции;</li> <li>- Ограничение по времени.</li> </ul>
<b>Угрозы:</b>	<b>Сильные стороны и угрозы:</b>	<b>Слабые стороны и угрозы:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Новые конкуренты с более развитыми или доступными технологиями;</li> <li>- Отказ от использования наноматериалов из-за их токсичности;</li> <li>- Изменение в законодательстве, ограничивающее применение наноматериалов</li> <li>- Невозможность закупки расходных материалов;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Возможность снизить издержки производства относительно аналогов;</li> <li>- Необходимо привлекать деньги государственной поддержки научных исследований и сторонних фондов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Недостаток инвестиций, что приводит к ограниченности в выборе методов и материалов;</li> <li>- Угроза введения ограничений для использования наноматериалов в промышленности.</li> </ul>

Это позволит более тщательно исследовать заявленную тему, а также

позволит оценить экологичность и экотоксичность предложенных методик и расширить возможности проекта.

3. Минимизация слабых сторон для освоения возможностей (W-O). Необходимо постоянно проводить поиск потенциальных инвесторов и инвестиций (государственная поддержка, поддержка частных фондов, совместная работа с частными компаниями и лабораториями).

4. Сильные стороны для минимизации угроз (S-T). Хорошая научная база исследования и большой опыт участников проекта, а также возможность консультации с профессионалами в данной отрасли обеспечивают «имя» проекту, надежность и являются гарантом его выполнения.

Из предложенных выше стратегических инициатив выберем обладающие наибольшим весом:

1. Приоритеты угроз. Сопоставить угрозы с преимуществами проекта и с рыночными возможностями. Незрелость рынка нанотехнологий в России и его монополизация требует от проекта стать, в каком-то смысле, первопроходцами, а также требует серьезной научно-исследовательской базы, чтобы предложить новые конкурентоспособные методы и продукты. Следует непрерывно проводить мониторинг рынка, поддерживая актуальность продукта, так как, в связи с активной научно-исследовательской работой в данной области, могут появиться материалы с лучшими свойствами при более низкой стоимости.

2. Приоритеты развития. Устранить слабые места, сопоставить недостатки с преимуществами и с рыночными возможностями. Самым главным недостатком, который требуется решить в ходе реализации и коммерциализации проекта является недостаток инвестиций. Все последующие вытекают из него. Инвестиции возможно привлечь, используя программы поддержки от государства и частных фондов.

SWOT-анализ позволил выделить наиболее актуальные проблемы, которые следует решить в ходе выполнения проекта и его коммерциализации. А именно, подготовить и развить достаточную материальную базу, найти

инвестиции на исследование, собрать команду проекта, привлечь партнеров. с хорошей опытно-экспериментальной базой.

#### **4.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации**

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование</b>	<b>Оценка проработанности этапа</b>	<b>Уровень разработчика</b>
1.	Имеется научный задел для разработки	5	5
2.	Изучены перспективы коммерциализации проекта	4	4
3.	Изучены возможные потенциальные потребители, товары, услуги на рынке	4	4
4.	Определен товарный вид продукта для представления на рынок	3	3
5.	Осуществлена охрана прав авторов проекта и продукта	1	1
6.	Оценена стоимость интеллектуальной собственности	1	1
7.	Проведен анализ рынка сбыта продукта	4	4
8.	Подготовлен бизнес-план для коммерциализации проекта	2	2
9.	Разработаны стратегии и пути продвижения для продукта на рынке	3	2
10.	Разработана стратегия выхода на международный рынок	1	1
11.	Проработан вопрос возможности получения льгот, грантовой поддержки от государства и других услуг инфраструктуры.	5	5
12.	Разработан план для привлечения финансирования с целью коммерциализации научного проекта	3	2
13.	Имеется команда проекта	3	2
14.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	3
15.	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	43	39

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле (4.2):

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (4.2)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;  $B_i$  – балл по  $i$ -му показателю. Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так как значения входят в границы от 30 до 44, то можно считать: перспективность средняя.

## 4.2. Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать. Устав научного проекта магистерской работы имеет следующую структуру: Цели и результат проекта. В таблице 4.9 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.9 – Иерархия целей проекта и критерии достижения целей

<b>Цель проекта:</b>	Изучение особенностей агрегации промышленных наночастиц оксида цинка в модельном пептоне для создания антибактериальных суспензий наночастиц для сельского хозяйства.
<b>Ожидаемый результат:</b>	Получены готовые суспензии наночастиц, стабилизированные доступными и экологичными поверхностно активными веществами пригодные для применения в качестве бактериальных составов, для иммунологических испытаний.
<b>Критерий достижения результата:</b>	Суспензии соответствуют заданным характеристикам

## Окончание таблицы 4.9

<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требования:</b>
	- Исследование адсорбционных свойств наночастиц по отношению к модельному пептону;
	- Исследование физико-химических свойств наночастиц в водных средах; - Достижение дисперсионной и седиментационной устойчивости на продолжительное время.

Организационная структура проекта. Информация об участниках проекта представлена в табличной форме (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Информация об участниках проекта

<b>№</b>	<b>Ф.И.О., должность</b>	<b>Роль</b>	<b>Задачи в проекте</b>
1	Годымчук Анна Юрьевна к.т.н., доцент отделения материаловедения ИШНПТ ТПУ	Научный руководи тель	Выбор основного направления исследования, постановка цели, консультирование и корректировка в процессе работы, обсуждение результатов
2	Болатова Жанар, магистрант 2 года отделения материаловедения ИШНПТ ТПУ	Исполнит ель	Выполнение экспериментальной части

## 4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

### 4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Иерархическая структура по ВКР

#### 4.3.2 Контрольные события проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представляется в виде таблицы (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Календарный план проекта

Код	Название	Длительность	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (Ф.И.О. ответственных исполнителей)
1	Литературный обзор по теме диссертации	1 месяц	Декабрь 2019	Январь 2020	Болатова Ж.
2	Экспериментальная часть	4 месяца	Январь 2020	Апрель 2020	Болатова Ж., Годымчук А.Ю.
3	Участие в научно-практических конференциях	1 месяц	Апрель 2020	Май 2020	Болатова Ж.,
4	Апробация результатов на научно-практических конференциях	3 месяца	Февраль 2020	Май 2020	Болатова Ж., Годымчук А.Ю.
5	Подготовка к защите диссертации	2 месяца	Май 2020	Июнь 2020	Болатова Ж., Годымчук А.Ю.
6	Защита диссертации		Июнь 2020		
	ИТОГО	6,5 месяцев			Болатова Ж.,

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы 4.12 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

В проекте задействованы 2 сотрудника (Исполнитель и руководитель):

- 1) Научный руководитель (Р);
- 2) Инженер (дипломник) (И).

Таблица 4.12 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Исполнители	Этап	Длительность, дни						
		Дек.	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь
Инженер (дипломник)	Составление ТЗ. Лит. обзор	■						
Инженер (дипломник)	Разработка методик и методов		■					
Руководитель			■					
Инженер (дипломник)	Подготовка материалов и настройка оборудования		■					
Инженер (дипломник)	Настройка оборудования			■				
Руководитель				■				
Инженер (дипломник)	Проведение эксперимента				■			
Инженер (дипломник)	Обсуждение результатов					■		
Инженер (дипломник)	Проведение контрольных результатов					■		
Инженер (дипломник)	Обсуждение результатов						■	
Руководитель							■	
Инженер (дипломник)	Оформление отчета						■	

Заливка ■ - руководитель и инженер, ■ - инженер

По диаграмме Ганта можно оценить продолжительность проекта. Совмещение некоторых этапов позволило сократить общую продолжительность работ. На основе анализа составленной диаграммы Ганта можно сделать вывод, что продолжительность работ составляет 6,5 месяцев – начиная со первой декады декабря, заканчивая первой декадой июня. Помимо этого, следует учесть вероятностных характер оценки трудоемкости. То есть продолжительность работ может как уменьшится, так и увеличиться.

Рассчитаем по диаграмме Ганта время работы для исполнителей проекта (таблица 4.13).

Таблица 4.13 – Рабочее время исполнителей проекта

Показатели	Руководитель	Исполнитель
Число календарных дней работы	51	208
Количество нерабочих дней	12	54
Продолжительность работы над проектом, в рабочих днях	39	154

#### 4.4 Бюджет научного исследования

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат: материалы и покупные изделия; заработная плата; социальный налог; расходы на электроэнергию (без освещения); амортизационные отчисления; командировочные расходы; оплата услуг связи; арендная плата за пользование имуществом; прочие услуги (сторонних организаций); прочие (накладные расходы) расходы.

##### *4.4.1 Сырье, материалы, покупные изделия (за вычетом отходов)*

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных

ценностей определяется по нормам расхода. Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов).

Затраты на сырье и материалы рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^n G_i \cdot C_i \quad (4.3)$$

где  $Z_m$  – суммарные затраты, руб;  $G_i$  – расход  $i$ -го компонента, ед.;  $C_i$  – цена  $i$ -го компонента, руб./ед.

Рассчитаем по формуле затраты на сырье и расходные материалы, используемое в данной работе (таблица 4.14).

Таблица 4.14 – Затраты на сырье

Наименование	Кол-во	Единица изм.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Нанопорошок оксида цинка	0,2	кг	15458,4	3091
Ультрадисперсный порошок оксида цинка	0,2	кг	13860,56	2772,112
Аминоксусная кислота	0,5	кг	630,12	315,06
Глутаминовая кислота	0,5	кг	7230,29	3615,15
Л-лизин	0,5	кг	4190,80	2095
Азотная кислота	0,2	л	300	60
Гидроксид натрия	0,2	кг	450	90
Дистиллированная вода	80	л	15	1200
Лабораторная посуда	-	-	-	1500
Одноразовые контейнеры для анализа	50	шт	14,5	725
Итого				15463,21

#### 4.4.2 Расчёт затрат на оборудование

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме (таблица 4.15). Определение стоимости спецоборудования

производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 4.15 – Список оборудования для исследования

№	Наименование оборудования	Количество
1	Аналитические весы AND GR-202	1
2	pH-метра pH-150MI	1
3	Дистиллятор D-30938	1
4	Магнитной мешалки Heidolph MR Hei-Tec	1
5	Анализатор частиц Zetasizer Nano	1
6	Центрифуга HETTICH EBA 20	1
7	Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ) JEM- 2100F	1
8	Лазерный дифракционный анализатор размеров частиц SALD-710I	1
9	ИК-спектрометр Thermo Nicolet 380	1

Вышеуказанное спецоборудование для научных работ находилось в лаборатории. Дополнительных расходов не требовалось.

#### 4.4.3 Расчёт заработной платы

Заработная плата состоит из основной и дополнительной. В настоящую включена оплата труда всех исполнителей проекта. Размер заработной платы определяется исходя из трудоемкости выполняемой работы и регулируется действующей системой окладов и тарифных ставок.

Полная заработная плата:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.4)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-15 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.5)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб;  $T_p$  – продолжительность работы данного сотрудника, рабочие дни;  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата:

$$Z_d = (Z_M \cdot M) / F_d Z_{дн} = \frac{Z_{тс} + Z_{допл} + Z_{рк}}{F_d}, \quad (4.6)$$

где  $F_d$  – количество рабочих дней в одном месяце (26 для 6-дневной рабочей недели, 22 для 5-дневной рабочей недели), рабочие дни;  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;  $Z_{допл}$  – надбавки и доплаты, руб. (15-20 % от  $Z_{тс}$ );  $Z_{рк}$  – районный коэффициент, руб. (30 % от  $Z_{тс}$  для Томской области).

Расчёт основной заработной платы для членов команды проекта представлен в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Основная заработная плата

Роль	$Z_{тс}$ , руб.	$Z_{допл}$ , руб.	$Z_{рк}$ , руб.	$Z_M$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	25000	3750	7500	36250	1647,73	39	64261,36
Исполнитель	8000	1200	2400	11600	446,15	154	68707,1
$Z_{осн}$ , руб.							132968,5

Размер дополнительной заработной платы составляет 12-15 %, расчёт дополнительной заработной платы представлен в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Дополнительная заработная плата

Роль	$k_{доп}$	$Z_{осн}$ , руб.	$Z_{доп}$ , руб.	$Z_{зп}$ , руб.
Руководитель	0,15	64261,36	9639,2	73900,56
Исполнитель	0,12	68707,1	8244,9	76952
$Z_{осн}$ , руб.		132968,5	17884,1	150852,56

#### 4.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды

Данная статья расходов отражает обязательные отчисления органам государственного социального страхования (ФСС), медицинского страхования работников (ФФОМС), в пенсионный фонд (ПФ) от затрат на оплату труда работников согласно установленным законодательством РФ.

Сумма отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле (4.7):

$$Z_{вн} = k_{вн} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (4.7)$$

где  $k_{вн}$  – коэффициент отчислений для уплаты во внебюджетные фонды.

Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30 % (ст. 425, 426 НК РФ): 22 % – ПФ; 5,1 % – ФФОМС; 2,9 % – ФСС. Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$Z_{внеб} = 0,3 \cdot (132968,5 + 17884,1) = 45255 \text{ руб.}$$

#### 4.4.5. Затраты на научные и производственные командировки

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и транспортных тарифов.

В целях реализации проекта было проведено две стажировки:

- в Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» - 2,5 месяцев.

Оплата расходов производилась согласно сметам (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Смета расходов

Виды расходов	Статья расходов	Стоимость единицы	Количество дней	Общая стоимость
				Рублей
1. Суточные стажировка	-	50	74	3700
2. Проживание в г. Москве	-	550	74	11000
3. Транспортные расходы Авиаперелет Томск- Москва-Томск	290	34000	-	34000
<b>Итого в рублях</b>				48700

Итого затраты на научные стажировки составили 487000 рублей 00 копеек.

#### 4.4.6. Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание. Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих

в выполнение темы. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле (4.8):

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}}(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.8)$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов, равный 0,8,

$$C_{\text{накл}} = 0,8 \cdot (17624,14 + 2114,89) = 15791,22 \text{ руб.}$$

#### 4.5. Расчет общей себестоимости разработки

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно – технической продукции. Определение бюджета затрат на научно – исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведён в таблице 4.19.

Таблица 4.19 – Полная смета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	15463,21
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	предоставлено университетом
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	132968,5
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	17884,1
5. Отчисления во внебюджетные фонды	45255
6. Затраты на научные и производственные командировки	48700,00
7. Накладные расходы	15791,45
ИТОГО:	276061,76

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

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

Ресурсная эффективность (РЭ):

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (4.9)$$

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

### **Показатели**

**Научная ценность:** в ходе проведенной работы изучены физические и химические процессы, проходящие на поверхности наночастиц в водных растворах аминокислот.

**Практическая значимость:** разработаны методики анализа и приготовления устойчивых к агрегации и седиментации суспензии наночастиц оксида цинка с использованием в качестве стабилизаторов нетоксичных и биосовместимых ПАВ – аминокислот. Это открывает новые возможности для использования таких суспензий в медицине, как, непосредственно, в виде продукта, так и в качестве тест-системы для оценки токсичности наночастиц в биологических средах.

**Эффективность:** предложенная разработка позволяет готовить суспензии с заданными характеристиками (концентрация, pH), стабильные к агрегации в течении долгого промежутка времени.

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

**Простота:** предложенным метод прост в применении, поскольку не требует использования дополнительного оборудования.

**Конкурентоспособность:** данная методика не имеет аналогов. Продукция, изготовленная с использованием данной методики стабилизации, так же будет уникальной.

Результаты оценки представлены в таблице 4.20.

Таблица 4.20 – Результаты оценки

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Эффективность	0,25	5
2. Стоимость	0,2	5
3. Практическая значимость	0,2	4

#### Окончание таблицы 4.20

4. Научная ценность	0,1	5
5. Конкурентоспособность	0,05	5
6. Выполнимость	0,2	4
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,2 = 4,6 \text{ баллов.}$$

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

#### 4.7. Выводы по главе

В данной главе проведен SWOT-анализ научного исследования, в ходе которого были выявлены сильные и слабые стороны проекта. Для лучшего планирования проведения работ и лучшей реализации труда исполнителей была построена ленточная диаграмма Ганта, которая наглядно иллюстрирует какое время необходимо затратить для осуществления НИР.

Также была определена смета научного исследования, выявлены основные статьи расходов. С помощью нее можно оптимизировать затраты в будущем при проведении аналогичных исследований. Примерная сумма для осуществления НИ составила 276 тыс. рублей.

Сравнив значения интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод, что разработка в магистерской диссертации является более эффективным вариантом решения задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b> 4БМ82	<b>ФИО</b> Болатовой Жанар
------------------------	-------------------------------

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОМ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Агрегативная устойчивость и адсорбционные свойства наночастиц оксида цинка в модельном пептоне	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Объект исследования – суспензий на основе нанопорошков оксида цинка и смеси аминокислот.</i></p> <p><i>Рабочая зона – в химической лаборатории размещаются столы для работы с химическими реактивами, химический шкаф, вытяжной шкаф, персональный компьютер, УФ-спектрометр, инфракрасный спектрометр, ультразвуковые ванны, ультразвуковая мешалка, аналитические весы, анализатор частиц Malvern Zeta-sizer.</i></p> <p><i>Область применения – биохимия, микробиология, для бактериологических целей.</i></p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ГОСТ 12.0.003-2015</li> <li>– ПНД Ф 12.13.1-03</li> <li>– МР 1.2.0018-11</li> <li>– ГОСТ 12.1.004-91</li> <li>– ГОСТ 12.1.007-76</li> <li>– Федеральный закон 96-ФЗ</li> <li>– ГОСТ 12.1.005-88</li> <li>– ГОСТ 12.4.034-2017</li> <li>– ГОСТ Р 56748.1-2015</li> <li>– СанПин 2.2.2./2.4. 1340-03.</li> <li>– МР 1.2.0024— 11</li> <li>– МР 1.2.0037—11</li> <li>– ГОСТ 17.1.3.06—82</li> <li>– ГОСТ 17.1.3.13—86</li> <li>– ГН 2.1.5.2280-07</li> <li>– ГН 2.1.7.2041-06</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><i>– Вредные факторы на рабочем месте: недостаточная освещенность, высокий уровень шума и вибрации, неблагоприятное состояние микроклимата, воздействие вредных химических веществ, широкополосные магнитные поля, создаваемые ПЭВМ; влияние психофизиологических факторов: монотонность труда, физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение. В качестве опасных факторов на рабочем месте рассмотрены: электробезопасность и пожаровзрывобезопасность, химические и термические ожоги, отравление.</i></p> <p><i>– На работу в химико-аналитические лаборатории принимаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование для решения вопроса о возможности работы в лаборатории.</i></p> <p><i>– Прохождение инструктажа обязательно для всех принимаемых на работу.</i></p> <p><i>– При работе в химической лаборатории необходимо надевать халат из хлопчатобумажной ткани, для защиты рук-</i></p>

	<p>резиновые перчатки, для защиты органов дыхания следует применять респираторы или противогазы.</p> <p>– Работа с химическими веществами должна максимально проводиться под вытяжным шкафом с включенной приточно-вытяжной вентиляцией, (согласно методическим рекомендациям ПНД Ф 12.13.1-03)</p>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<p>Рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● необходимость применения санитарно-защитной зоны вследствие выбросов вредных веществ, отходов, облучения;</li> <li>● выбросы вредных веществ в атмосферу: наночастицы оксида цинка;</li> <li>● отходы химических веществ утилизировать следующим образом: кислоты нейтрализуют сливают в канализацию, органические вещества собирают и сдают на утилизацию, наноматериалы собирают фильтрацией;</li> <li>● утилизация ТБО, люминесцентных ламп.</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>– При работе в лаборатории наиболее вероятными ЧС являются пожары. Для минимизации риска возникновения пожара следует соблюдать правила техники безопасности при работе с электрооборудованием. Для предотвращения возгорания предусмотрены следующие средства (согласно требованиям противопожарной безопасности, СНиП 21-01-97): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, контейнер с песком (в коридоре). Помимо этого помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации.</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Романцов И. И.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ82	Болатова Жанар		

## ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

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

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 кафедры функциональных наносистем и высокотехнологичных материалов, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (ФНСиВТМ НИТУ МИСиС), г. Москва.

### 5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Классификация опасных и вредных факторов производства: химические, физические и биологические (ГОСТ 12.0.003-2015).

Производственные факторы подразделяются на: вредные и опасные производственные факторы. Согласно определениям, вредным производственный фактор считается, если его воздействие на работающего, может привести в определённых условиях, к травме или внезапному ухудшению здоровья. Воздействие опасного производственного фактора может привести к заболеванию или снижению работоспособности [131].

**Воздействие вредных химических веществ и их нормирование.** По результатам испытаний, проводимых на животных и среди работников промышленных предприятий, наночастицы, содержащиеся в воздухе, при вдыхании оказывают вредное воздействие на организм человека и животных. Эффект воздействия на органы дыхания зависит от экспозиционной дозы, физико-химических характеристик наночастиц и индивидуальной восприимчивости организма. Наночастицы вследствие большей удельной

площади поверхности оказывают более выраженное негативное воздействие на органы дыхания, чем микрочастицы [132]. Наиболее актуальным документом, регламентирующим вопросы безопасности нанотехнологий является: ГОСТ Р 56748.1-2015.

Нanomатериал идентифицируют как опасный, если материал:

- отнесен в соответствии с Согласованной на глобальном уровне системой классификации опасности и маркировки химической продукции (СГС) к канцерогенным, мутагенным, токсичным, вредным, едким, раздражающим или токсическим для репродуктивной функции веществам;

- определен как опасный материал в паспорте безопасности с указанием информации о специфических опасностях, например, канцерогенности или мутагенности;

- включен в национальные или международные перечни опасных химических веществ. Оценку риска, связанного с воздействием наноматериалов на организм человека и окружающую среду, выполняют до постановки наноматериала на производство или начала использования наноматериала в технологическом процессе. Для этих целей составляют карту идентификации опасностей наноматериала, в которую включают информацию об опасности наноматериала для здоровья человека и окружающей среды (профиль опасностей), и далее выполняют оценку риска. Учитывая физико-химические особенности наноматериалов и изменение поведения наночастиц и их агрегатов следует предпринять максимальные усилия для предотвращения попадания наночастиц в организм. Так как основным путем попадания частиц в организм человека является дыхательная система, следует использовать газопылевые фильтрующие средства индивидуальной защиты, также помещение должно быть оснащено вытяжной системой с возможностью работы под вакуумом.

Помимо этого, для безопасной работы с вредными химическими веществами является необходимо знание свойств, особенностей их токсичного действия и симптомов отравления. Неосторожность при работе с химическими

реактивами может привести к острым и хроническим отравлениям, химическим и термическим ожогам.

Рассмотрим далее используемые в работе реактивы.

**Гидроксид натрия ( $\text{NaOH}$ )** — щелочь. Является едким, коррозионно-активным веществом, принадлежит ко второму классу опасности. Попадание на кожу или слизистую вызывает химический ожег. При попадании в глаза вызывает атрофию зрительного нерва, приводит к потере зрения. Техника безопасности при работе с  $\text{NaOH}$ : при контакте со слизистыми поверхностями промыть струёй воды пораженный участок, при контакте с кожей нейтрализовать слабым раствором уксусной кислоты. Защитные средства при работе с  $\text{NaOH}$ : защитные очки, перчатки резиновые для защиты рук, спецодежда химически-стойкая. Предельно допустимая концентрация (ПДК) гидроксида натрия в воздухе  $0,5 \text{ мг/м}^3$ , по ГОСТ 12.1.005-88 [133].

**Азотная кислота ( $\text{HNO}_3$ )** принадлежит к 3-му классу опасности. Азотная кислота при попадании на кожу вызывает химический ожег, язвы. Попадая на кожу, вступает в ксантопротеиновую реакцию с кожным покровом. Ее пары, попадая в дыхательные пути, вызывают раздражения, головные боли, отравление. Азотная кислота разлагается при нагреве с образованием диоксида азота  $\text{NO}_2$ , который является высокотоксичным газом. ПДК  $\text{HNO}_3$  в воздухе рабочей зоны по  $\text{NO}_2$   $2 \text{ мг/м}^3$  [134].

**Оксид цинка ( $\text{ZnO}$ )**. Токсичность оксида цинка объясняют его каталитической активностью. Попадание мельчайших частиц пыли оксида цинка вызывает заболевание «литейная лихорадка», протекающее по типу инфекционного катара верхних дыхательных путей. Задержка аэрозоли оксида цинка в дыхательных путях колеблется в пределах 41-94 %. В процессе отравления оксидом цинка появляется сладковатый вкус во рту, после работы – плохой аппетит, а иногда сильная жажда. При отравлении оксидом цинка человек чувствует усталость, стеснение и давящую боль в груди, сонливость, сухой кашель, долговременный озноб и высокая температура тела. При этом наблюдается расширение зрачков, гиперемия конъюнктивы, глотки и лица.

Последствия могут возникать в течении 2-3 дней в зависимости от индивидуальности организма больного, а также концентрации паров оксида цинка. Предельно допустимая концентрация для оксида цинка 0,5 мг/м<sup>3</sup>. Индивидуальной защитой служат противогаз марки БКФ, респираторы типа «Астра-2», «Лепесток-200», защитные очки, спецодежда из хлориновой ткани. После работы – теплый душ [135].

**Неблагоприятное сочетание параметров микроклимата рабочего помещения.** Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а так - же интенсивностью теплового излучения. Неблагоприятное сочетание параметров микроклимата может вызвать перенапряжение механизмов терморегуляции, перегрев и переохлаждение организма.

Параметры микроклимата в лаборатории должны быть следующими:

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

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

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

- Просто откидывающиеся фрамуги или форточки.
- Вытяжные шкафы с механическим побуждением.

- Местные пылеотсосы, которые устанавливаются в местах с её повышенным образованием.

- Вытяжные зонты. Располагаются над печами, если таковые имеются, над газовыми плитами и другими нагревательными приборами.

Устройства, которые осуществляют удаление загрязненного воздуха, паров ртути, а также других металлов, должны быть оборудованы соответствующими фильтрами. Это позволит исключить загрязнение атмосферного воздуха. В основных помещениях лабораторий обязательно предусматривается кондиционирование. Помещения, в котором производились работы, имеет параметры: 1. Лаборатория НМНТ ИШНПТ ТПУ: длина 4 м, ширина 3 м, высота 3 м, общая площадь 12 м<sup>2</sup>, общий объем 36 м<sup>3</sup> и лаборатория ФНСиВТМ НИТУ МИСиС: длина 8 м, ширина 6 м, высота 4 м, общая площадь 48 м<sup>2</sup>, общий объем 192 м<sup>3</sup> (рисунок 5.2). Одновременно в лаборатории может работать до 10 человек (ГОСТ 12.4.113-82).

**Недостаточная освещённость рабочего места.** Свет является одним из важнейших условий существования человека. По ГОСТ 12.0.003-86 недостаточная освещённость рабочей зоны является вредным производственным фактором, который может вызвать ослеплённость или привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [135] норма освещённости 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 лк, при коэффициенте пульсации не более 10 %.

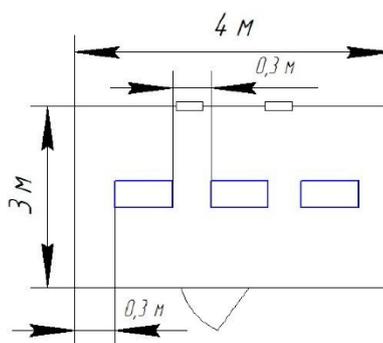


Рисунок 4.1 – План размещения светильников

Коэффициенты отражения светового потока от потолка, стен, соответственно равны:  $q_{\text{п}} = 70 \%$ ,  $q_{\text{с}} = 50 \%$ ,  $q_{\text{з}} = 10 \%$ . Уровень от рабочей поверхности до потолка составляет:

$$H = h - h_{\text{р}} - h_{\text{с}},$$

$$H = 3 - 0,80 - 0 = 2,20 \text{ м},$$

где  $h$  – высота потолков, м;  $h_{\text{р}}$  – высота рабочей поверхности, м;  $h_{\text{с}}$  – расстояние светильников от перекрытия, м.

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

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

Число рядов светильников:

$$n = B/L = 3/3,08 = 0,97,$$

где  $B$  – ширина помещения, м.

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

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

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:  $\frac{6210 \text{ лм}}{4265,6 \text{ лм}} \approx 3$ .

Далее рассчитывается фактическое освещение в помещении.

Число светильников в ряду 3 (число ламп 2):

$$\Phi = 2850 \cdot 3 \cdot 2 = 17100 \text{ лм}.$$

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:

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

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

**Повышенный уровень шума на рабочем месте. Повышенный уровень шума на рабочем месте.** Источниками шума в данном исследовании следует принять: мешалки (магнитная мешалка, ультразвуковая ванна). Все перечисленные приборы провоцируют возникновение звуковых колебаний в рабочей зоне. Непрерывная работа в условиях повышенного уровня шума может стать причиной снижения работоспособности персонала, вызывать подавленное психическое состояние, стать причиной развития тугоухости, частичной глухоты.

1. Для обеспечения безопасной работы в условиях лаборатории следует контролировать одновременное включение нескольких приборов, а также использовать звукоизолирующие кожухи, личные средства защиты – звукоподавляющие наушники. Требования ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ [136], для уровней звукового давления и максимальный уровень шума для работы в лаборатории представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот

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

2. Кроме того, следует учитывать и вибрационную нагрузку на работника лаборатории. Требования по вибрационной нагрузке представлены в таблице 5.2 согласно ГОСТ 12.1.012-90 [137].

Таблица 5.2 – Санитарные норм спектральных показателей вибрационной нагрузки на оператора. Общая вибрация, категория 3, тип "в"

Средне-геометрические частоты полос, Гц	Нормативные значения в направлениях $X_0, Y_0$							
	виброускорения				виброскорости			
	$m \cdot c^{-2}$		дБ		$m \cdot c^{-1} \cdot 10^{-2}$		дБ	
	в 1/3-окт.	в 1/1-окт.	в 1/3-окт.	в 1/1-окт.	в 1/3-окт.	в 1/1-окт.	в 1/3-окт.	в 1/1-окт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,6	0,0125		82		0,13		88	
2,0	0,0112	0,02	81	86	0,09	0,018	85	91
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,5	0,01		80		0,063		82	
3,15	0,009		79		0,045		79	
4,0	0,008	0,014	78	83	0,032	0,063	76	82
5,0	0,008		78		0,025		74	
6,3	0,008		78		0,02		72	
8,0	0,008	0,014	78	83	0,016	0,032	70	75
10,0	0,01		80		0,016		70	
12,5	0,0125		82		0,016		70	
16,0	0,016	0,028	84	89	0,016	0,028	70	75
20,0	0,02		86		0,016		70	
25,0	0,025		88		0,016		70	
31,5	0,032	0,056	90	95	0,016	0,028	70	75
40,0	0,04		92		0,016		70	
50,0	0,05		94		0,016		70	
63,0	0,063	0,112	96	101	0,016	0,028	70	75
80,0	0,08		98		0,016		70	

### Широкополосные магнитные поля, создаваемые ПЭВМ

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

Регулирование трудовой деятельности за компьютером осуществляется посредством следующих документов: ТК РФ; СанПин 2.2.2./ 2.4. 1340-03.

Вредные факторы при работе с ПК: электромагнитное воздействие;

- воздействие статического электричества; низкая степень ионизации воздуха; длительное сидячее положение тела; высокие нагрузки на органы зрения.

При работе за компьютером следует соблюдать следующую структуру:

- правильная организация и оснащение трудового места. Параметры рабочего стола: ширина 80-140 см, глубина 80-100 см, высота 7,25 см. Расстояние от глаз до монитора 60-70 см, расстояние клавиатуры от края стола – 10-30 см. Компьютерный стул должен регулироваться по высоте, углу наклона спинки и повороту;

- обеспечение достаточной освещенности. Обеспеченность рабочего места от 300 до 500 лк. Освещенность экрана видеомонитора не более 30 лк. Минимальное состояние между рабочими местами 2 м. Минимальное расстояние между видеомониторами – 1,2 м. Окна и источники света должны проходить очистку не реже 2 раз в год;

- соблюдение регламента перерывов в работе. При рабочем дне продолжительностью 8 часов – перерыв от 50 минут до 1,5 часа. При работе 12 часов – от 80 минут до 140 минут. При этом следует чередовать трудовую деятельность за компьютером и без него.

Электробезопасность. В условиях работы в лаборатории, а также при работе на исследовательском оборудовании существует высокий риск получения электротравмы при прикосновении к токоведущим частям, деталям, работающим под напряжением. При этом необходимо контролировать:

- Исправность электропроводки, исправность приборов и проводов.
- Соблюдение техники безопасности сотрудников (регулярно).
- Загруженность электрических сетей и обеспечение изоляции элементов.
- Заземление электрических приборов и помещения.

В данном исследовании работа проводилась со следующими приборами: анализатор размера и дзета-потенциала частиц, рН-метр, УЗ-генератор, вытяжной шкаф. Неправильное обращение может стать причиной поражения

электрическим током. Согласно классификации помещений по опасности поражения электрическим током можно отнести данную лабораторию к помещениям без повышенной опасности. Все электрические приборы в помещении заземлены. Проведён инструктаж по технике безопасности с персоналом на месте с занесением в журнал по технике безопасности прошедших процедуру.

## **5.2 Экологическая безопасность**

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

Система контроля состояния окружающей среды на территории химического предприятия, применяющего наноматериалы, включает отбор и анализ проб атмосферного воздуха, почвы, воды открытых водоёмов, растительного и снегового покрова на открытых производственных площадках и на границе санитарно-защитной зоны на содержание наноматериалов, представляющих опасность для здоровья человека, с периодичностью, определяемой в соответствии с МР 1.2.0024-11.

### ***5.2.1 Защита атмосферы***

По дисперсности и особенностям поведения в воздушной среде выделяют следующие группы наночастиц: а) ультратонкие частицы или наночастицы (размер меньше 0,1 мкм); б) частицы средней дисперсности (размер 0,1-10 мкм); в) грубодисперсные частицы (размер более 10 мкм). Попадая в воздух, наночастицы образуют устойчивые во времени аэрозоли, которые проникают в наземные биологические объекты с помощью различных механизмов, физических и химических. Частицы средней дисперсности оседают в неподвижном воздухе с постоянной скоростью, грубодисперсные частиц – с возрастающей скоростью. Как было отмечено выше, наночастицы имеют высокую активность поверхности и легко адсорбируют токсические вещества.

Их размер позволяет преодолеть биологические барьеры растений и организмов, проникнуть в растение или организм и провести за собой адсорбированный токсикант. Из атмосферы частицы попадают в биогеоценозы – озера, реки, почвы, грунты. Таким образом, попадание в воздушную среду приводит к быстрому распространению частиц. Чтобы предотвратить попадание веществ в атмосферу, следует использовать в помещении лаборатории систему вентиляции, оснащенную встроенной системой фильтрации. Предельно допустимая концентрация наноматериалов в воздухе регламентируется МР 1.2.0037-11 [138]. В производственных помещениях также необходимо контролировать чистоту помещения, для этого используют следующие технические подходы: контроль, фильтрование среды, очистка сред (вода, воздух), индивидуальная защита персонала. В помещениях, где непосредственно проводится работа с наноразмерными частицами используется вытяжная система с вакуумом для предотвращения попадания дисперсных частиц за пределы помещения.

### ***5.2.2 Защита гидросферы***

Попадая в воду, наночастицы ведут себя отлично от крупнодисперсных материалов в силу развитости поверхности, активности каталитических и электрокинетических свойств. Частицы в водных средах могут растворяться с образованием сложных ионных комплексных соединений – минеральных, органоминеральных, органических комплексов, которые представляют из себя заряженные комплексы и коллоиды частиц с высокоразвитой поверхностью. Отмечается также, что наноматериалы легче вступают в химические превращения, чем более крупные объекты того же состава. Следовательно, они способны образовывать комплексы с неизвестными ранее свойствами. Неправильная утилизация может стать причиной попадания наночастиц в воду, использующуюся для обслуживания нужд людей. По ГОСТ 17.1.3.06–82 [139] и ГОСТ 17.1.3.13–86 [140], если ПДК по ГН 2.1.5.2280-07 [141] не превышен, очистка воды не требуется.

### 5.2.3 Защита литосферы

В литосферу частицы попадают из атмосферы (пути попадания: адсорбция, осаждение, адгезия) из гидросферы (осаждение, растворение, адсорбция, адгезия), из биологических объектов. Исследователями отмечается, что основной вклад в загрязнение почв вносят элементы, обладающие наибольшей атомной массой, разнообразием миграционных, комплексных и коллоидных форм. Кинетику миграции и выщелачивание почв наноматериалами изучают в лабораторных условиях снятием и сравнением электрокинетических кривых на загрязнённых и незагрязнённых моделях почвенного профиля. Так как наночастицы переносят на себе заряд, оценка электропроводности почвы может помочь в их регистрации. При попадании наночастиц в почвы возрастает риск нарушения ее микробиологического состава, а следовательно – плодородности. Наночастицы легко проникают из почвы в бентос, в растения, и, далее по пищевой цепочке, в организмы животных и людей. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в почве регламентируется ГН 2.1.7.2041-06 [142].

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

1. Нейтрализация проводится двумя путями:

1.1. Щелочной гидролиз. После смешивания химических отходов с реагентами, реакции превращают смесь в неопасное соединение.

1.2. Хлорирование с окислением.

2. Дистилляция. Жидкие химикаты подвергаются разделению на составные компоненты, которые пригодны к повторному использованию.

3. Термические реакции. Посредством солей щелочных металлов происходит сжигание с доочисткой образовавшихся газов.

4. Переработка полимеров. Все виды пластикового мусора измельчаются и гранулируются.

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

Негативным фактором, влияющим на окружающую среду в лаборатории, где проводилась основная работа над ВКР является источник света, а именно люминесцентные лампы. Каждая трубка люминесцентной лампы содержит в себе от 3 до 5 мг ртути. Люминесцентные лампы причислены к первому классу токсичных отходов, и требуют специальной утилизации: вышедших из строя ламп, помещают в индивидуальные картонные коробки от ламп типа ЛБ, ЛД и другие, после упаковки ламп в тару для хранения их следует сложить в отдельные коробки из фанеры или ДСП. При накоплении определенного количества ртутьсодержащих и прочих опасных видов ламп их сортируют, помещают в отдельные ячейки и отправляют в профильную компанию для последующей нейтрализации и переработки [143].

### **5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Наиболее вероятные возможные ЧС в химической лаборатории: пожар, взрыв. Возгорание может возникнуть по ряду причин, среди которых неисправная проводка, неисправное оборудование, неосторожное обращение с огнем. В хорошо вентилируемом помещении интенсивный приток воздуха может способствовать быстрому распространению пламени. Потому, при распространении огня, если возгорание не ликвидировано, следует в первую очередь отключить вентилятор и закрыть вентиляционный канал. Последовательность действий при пожаре:

– подать сигнала 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.

Последовательность действий зависит от конкретной ситуации.

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

- инженерно-технические – повышение устойчивости сооружений, контроль за технологическими процессами, противопожарные мероприятия (система сигнализации, средства пожаротушения и пр.), утилизация и контроль сроков хранения и объемов пожаро- и взрывоопасных веществ, дублирование и контроль источников электроснабжения, защита водоисточников, защита уникального и ценного оборудования.

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

- специальные мероприятия – обеспечение и хранение СИЗОД, создание запаса средств для нейтрализации опасных и вредных веществ, дегазация [144].

#### **5.4 Выводы по главе**

В соответствии с постановлением Главного государственного

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

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

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

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

## 6. СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Болатова Ж., Годымчук А.Ю. Влияние размера наночастиц на степень агрегации // Пятый междисциплинарный форум с международным участием «Новые материалы и перспективные технологии». Москва. 30 октября - 1 ноября 2019 г. / Сборник материалов. Том I. – М: НПП "ИСИС", 2019 г. – 809 с.

2. Bolatova Zh., Papina I., Godymchuk A., Kudabaeva L. Aggregation of nanoparticles in peptone solution // Proceedings of the IX International Conference of European Academy of Sciences & Research, 14-16 October 2019, Bonn, Germany: EASR Publisher, 2019. – P.14.

3. Болатова Ж., Годымчук А.Ю., Папина Ю.В. Агрегативная устойчивость наночастиц в растворах низкомолекулярных аминокислот // Инновационные материалы и технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, г. Минск, 9–10 янв. 2020г. – Минск: БГТУ, 2020. – 661 с.

4. Болатова, Ж., Карепина Е.Е., Годымчук А.Ю. Изменение размера и заряда наночастиц ZnO в модельном пептонном растворе на основе низкомолекулярных аминокислот // Труды 62-й Всероссийской научной конференции МФТИ. 18-24 ноября 2019 года. Электроника, фотоника и молекулярная физика. – М.: МФТИ, 2019. – 320 с.

## 7. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Wang J., Chen R., Xiang L., Komarnenic S. Synthesis, properties and applications of ZnO nanomaterials with oxygen vacancies: A review // *Ceramic International*. – 2018. – Vol. 44. – P. 7357-7377.
2. Baruah B., Downer L., Agyeman D. Fabric-based composite materials containing ZnO-NRs and ZnO-NRs-AuNPs and their application in photocatalysis // *Materials Chemistry and Physics*. – 2019. – Vol. 231. – P. 252-259.
3. M. Zayed, Ahmed M., M. Shaban. Synthesis and characterization of nanoporous ZnO and Pt/ZnO thin films for dye degradation and water splitting applications // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2019. – Vol. 44. – P. 17630.
4. Wang Z., Duan Y., Duan Y. Application of polydopamine in tumor targeted drug delivery system and its drug release behavior // *Journal of Controlled Release*. – 2018. – Vol. 290. – P. 56-74.
5. Moezzi A., McDonagh A.M., Cortie M.B. Zinc oxide particles: Synthesis, properties and applications // *Chemical Engineering Journal*. – 2012. – Vol. 185–186 – P. 1–22.
6. Navarro E., Baun A., Behra R., Hartmann N.B, Filser J., Miao A.J., Quigg A., Santschi P. H., Sigg L. Environmental behavior and ecotoxicity of engineered nanoparticles to algae, plants, and fungi // *Ecotoxicology*. – 2008. – Vol. 17. – P. 372–386.
7. Teng C., Jia J., Wang Z., Sharma V.K., Yan B. Size–dependent maternal–fetal transfer and fetal developmental toxicity of ZnO nanoparticles after oral exposures in pregnant mice // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2019. – Vol. 182. – P. 1–9.
8. Molina R., Al Salama Y., Jurkschat K., Dobson P. J., Thompson I.P. Potential environmental influence of amino acids on the behavior of ZnO nanoparticles // *Chemosphere*. – 2011. – Vol. 83. – P. 545–551.

9. Costa D., Savio L., and Pradier C–M. Adsorption of amino acids and peptides on metal and oxide surfaces in water environment: a synthetic and prospective review // *Journal of Physical Chemistry B*. – 2016. – Vol. 120. – P. 7039–7052.
10. Genet C., Errabi K., Gauthier C. Which model of technology transfer for nanotechnology? A comparison with biotech and microelectronics // *Technovation*. – 2012. – Vol. 32. – P. 205-215.
11. Potočnik J., European Commission, *Nanomaterials*, 2013. Режим доступа: <http://ec.europa.eu/environment/chemicals/nanotech>.
12. Laurent S., Forge D., M. Port, A. Roch, C. Robic, L. Vander Elst, R.N. Muller Magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis, stabilization, vectorization, physicochemical characterizations, and biological applications // *Chemical Reviews*. – 2010. – Vol. 110. – P. 2574-2574.
13. Tiwari J.N., Tiwari R.N., Kim K.S. Zero-dimensional, one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional nanostructured materials for advanced electrochemical energy devices // *Progress in Materials Science*. – 2012. – Vol. 57. – P. 724-803.
14. Meruvu H, Vangalapati M, Chippada SC, Bammidi SR. Synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles and its antimicrobial activity against *Bacillus subtilis* and *Escherichia coli*. // *Rasayan journal of chemistry*.– 2011.– Vol. 4.– P. 22.
15. Gondal M., Dastageer A., Khalil A, Hayat K, Yamani ZH. Nanostructured ZnO synthesis and its application for effective disinfection of *Escherichia coli* microorganism in water // *Journal of Nanoparticle Research*. – 2011.– Vol. 13. – P. 30.
16. Iijima S. Helical microtubules of graphitic carbon // *Nature*.– 1991.– Vol. 354. – P. 56.
17. Kuchibhatla S.V.N.T., Karakoti A.S., Bera D., Seal S. One dimensional nanostructured materials // *Progress in Materials Science*. – 2007.– Vol. 52. – P. 699.
18. Yang L.L., Zhao Q.X., Yang J.H. Effective way to control the size of well-aligned ZnO nanorod arrays with two-step chemical bath deposition // *Journal of Crystal Growth*. – 2009. – Vol. 311. – P. 1046.

19. Pradhan D., Leung K.T. Vertical growth of two-dimensional zinc oxide nanostructures on ITO-coated glass: Effects of deposition temperature and deposition time // *Journal of Physical Chemistry C*. –2008. – Vol. 112. – P. 1357.
20. Yang M., Pang G., Li J., Jiang L., Liang D., Feng S. Fabrication of two-dimensional ZnO nanostructures from nanoparticle // *Journal of Physical Chemistry C*. – 2007. – Vol. 111. – P. 17213-17220.
21. Wu G., Yang S., Liu Q. Synthesis of silver nanostructures by simple redox under electrodeposited copper microcubes and the orient attachment growth of 2D silver // *Applied Surface Science*.– 2015.– Vol. 357.– P. 583-592.
22. Ren X., Zelenay P. , Thomas S., Davey J., Gottesfeld S. Recent advances in direct methanol fuel cells at Los Alamos National Laboratory // *Journal Power Sources*. – 2000.– Vol. 89. – P. 111.
23. Hu L.B., Choi J.W., Yang Y., Jeong S., La Mantia F., Cui L.F. Highly conductive paper for energy-storage devices // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. – 2009. – Vol. 106. – P. 21490.
24. Shen Q., Jiang L., Zhang H., Min Q., Hou W., Zhu J.J. Three-dimensional dendritic Pt nanostructures: Sonoelectrochemical synthesis and electrochemical applications // *Journal of Physical Chemistry C*. –2008. – Vol. 112. – P. 16385.
25. Qin X., Huang Y., Shen Y., Zhao M., Gao X. Porous 3D flower-like bismuth silicate@nitrogen-doped graphene nanomaterial as high-efficient catalyst for fuel cell cathode // *Ceramics International*. – 2019. – Vol. 45. –P. 24515-24527.
26. Teng X.W., Liang X.Y., Maksimuk S., Yang H. Synthesis of porous platinum nanoparticles // *Small*. – 2006. – Vol. 2. – P. 249.
27. Lee H., Habas S.E., KweSkin S., Butcher D., Somorjai G.A., Yang P. D. Morphological control of catalytically active platinum nanocrystals // *Angewandte Chemie - International Edition*. – 2006. – Vol. 45 – P. 7824.
28. Soubhagya S., Moorthi A., Prabakaran M. Preparation and characterization of chitosan/pectin/ZnO porous films for wound healing // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2020. – P. 1.

29. Dreaden E.C., Alkilany A.M., Huang X., Murphy C.J., El-Sayed M.A. The golden age: gold nanoparticles for biomedicine // *Chemical Society Reviews*. – 2012. – Vol. 41. – P. 2740-2779.
30. Astefanei A., Núñez O., Galceran M.T. Characterisation and determination of fullerenes: a critical review // *Analytica Chimica Acta*. – 2015. – Vol. 882. – P. 1-21.
31. Yang M., Pang G., Li J., Jiang L., Liang D., Feng S. Fabrication of two-dimensional ZnO nanostructures from nanoparticle // *Journal of Physical Chemistry C*. –2007. – Vol. 111. – P. 17213-17220.
32. Shen Q., Jiang L., Zhang H., Min Q., Hou W., Zhu J.J. Three-dimensional dendritic Pt nanostructures: Sonoelectrochemical synthesis and electrochemical applications // *Journal of Physical Chemistry C*. – 2008. – Vol. 112. –P. 16385.
33. Yuzhe S., Yayan X., Shixian D., Baihan Zh. Synthesis of proanthocyanidins-functionalized Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> magnetic nanoparticles with high solubility for removal of heavy-metal ions // *Chemical Physics Letters*. –2020.
34. Temerov F., Ankudze B., Saarinen J.J. TiO<sub>2</sub> inverse opal structures with facile decoration of precious metal nanoparticles for enhanced photocatalytic activity // *Materials Chemistry and Physics*. – 2020. – Vol. 242. – №.122471.
35. Sigmund W., Yuh J., Park H., Maneeratana V., Pyrgiotakis G., Daga A., Taylor J., Nino J.C. Processing and structure relationships in electrospinning of ceramic fiber systems // *Journal of the American Ceramic Society. Soc.* – 2006. – Vol. 89. – P. 395-407.
36. Thomas S., Harshita P. , Mishra P. , Talegaonkar S. Ceramic nanoparticles: fabrication methods and applications in drug delivery // *Current Pharmaceutical Design*. – 2015. – Vol. 21. – P. 6165-6188.
37. Mansha M., Khan I., Ullah N., Qurashi A. Synthesis, characterization and visible-light-driven photoelectrochemical hydrogen evolution reaction of carbazole-containing conjugated polymers // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2017. – Vol. 46. – P. 10952-10961.

38. Rao P. , Geckeler K.E. Polymer nanoparticles: preparation techniques and size-control parameters // *Progress in Polymer Science*. – 2011. – Vol. 36. – P. 887-913.
39. Abd N.H., Ellah S.A. Surface functionalization of polymeric nanoparticles for tumor drug delivery: approaches and challenges // *Expert Opinion on Drug Delivery*. – 2016. – Vol. 14. – P. 201–214.
40. Rawat A., Jain S., Singh W., Mehnert, A.F., Thunemann E.B., Souto A., Mehta S. Studies on binary lipid matrix based solid lipid nanoparticles of repaglinide: in vitro and in vivo evaluation // *Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2011. – Vol. 100. – P. 2366-2378.
41. Mashaghi S., Jadidi T., Koenderink G., Mashaghi A. Lipid nanotechnology // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2013. – Vol. 14. – P. 4242-4282.
42. Puri A., Loomis K., Smith B., Lee J.-H., Yavlovich A., Heldman E., Blumenthal R. Lipid-based nanoparticles as pharmaceutical drug carriers: from concepts to clinic // *Critical Reviews in Therapeutic Drug Carrier Systems*. – 2009. – Vol. 26. – P. 523-580.
43. Wang Y., Xia Y.. Bottom-up and top-down approaches to the synthesis of monodispersed spherical colloids of low melting-point metals // *Nano Letters* – 2004. – Vol. 4. – P. 2047-2050.
44. Qiu Y., Yang S. ZnO nanotetrapods: controlled vapor-phase synthesis and application for humidity sensing // *Advanced Functional Materials*. – 2007. – Vol. 17. – P. 1345-1352.
45. Huang M.H., Wu Y.Y., Feick H., Tran N., Weber E. Yang P. D Catalytic growth of zinc oxide nanowires by vapor transport // *Advanced Materials*. – 2001. – Vol. 13. – P. 113-116.
46. Remes Z., Buryi M., Neykova N., Stuchlik J., Micova Shu J. H. Hsu Room temperature plasma hydrogenation – An effective way to suppress defects in ZnO nanorods // *Materialstoday:Proceedings*. – 2020.

47. Van den Rul H., Mondelaers D., Van M.K., Mullens J. Synthesis of thin dense titania films via an aqueous solution-gel method // *Journal Sol-Gel Science Technology*. – 2006. – Vol. 39. – P. 41-47.
48. Singhai M., Chhabra V., Kang P. , Shah D.O. Synthesis of zno nanoparticles for varistor application using zn-substituted aerosol ot microemulsion // *Materials Research Bulletin*. –1997. – Vol. 32. – P. 239-247.
49. Spanhel L., Anderson M.A. Semiconductor Clusters in the Sol-Gel Process: Quantized Aggregation, Gelation, and Crystal Growth in Concentrated ZnO Colloids // *Journal of the American Chemical Society*. – 1991. – Vol. 113. – P. 2826-2833.
50. Sepulveda-Guzman S., Reeja-Jayan B., de La Rosa E., Torres-Castro A., Gonzalez-Gonzalez V., Jose-Yacaman M. Synthesis of assembled ZnO structures by precipitation method in aqueous media // *Materials Chemistry and Physics*. –2009. – Vol. 115. – P. 172-178.
51. Zhou Y., Wu W., Hu G., Wu H., Cui S. Hydrothermal synthesis of ZnO nanorod arrays with the addition of polyethyleneimine // *Materials Research Bulletin*. – Vol. 43. – 2008. – P. 2113-2118.
52. Škapin S.D., Dražič G., Orel Z.C. Microstructure of nanoscale zinc oxide crystallites // *Materials Letters*. – 2007. – Vol. 61. – P. 2783-2788.
53. Hu Z., Oskam G., Searson P. C. Influence of solvent on the growth of ZnO nanoparticles // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2003. – Vol. 263. – P. 454-460.
54. Rodríguez-Paez J.E., Caballero A.C., Villegas M., Moure C., Duran P. , Fernandez J.F. Controlled precipitation methods:Formation mechanism of ZnO nanoparticles // *Journal of the European Ceramic Society*. – 2001. – Vol. 21. – P. 925-930.
55. Kumar S.S., Venkateswarlu P. , Rao V.R., Rao G.N. Synthesis, characterization and optical properties of zinc oxide nanoparticles // *Nano Letters*. – 2013. – Vol. 3. – P. 1-6.

56. Wang L., Muhammed M. Synthesis of zinc oxide nanoparticles with controlled morphology // *Journal of Materials Chemistry*. – 1999. – Vol. 9. – P. 2871-2878.

57. Chen C., Liu P. , and Lu C., “Investigation of Photocatalytic Degradation of Methyl Orange by Using Nano-Sized ZnO Catalysts // *Chemical Engineering Journal*. –2008. – Vol. 144. – P. 509–513.

58. Pourrahipi A.M., Liu D., Pallon L.K., R.L. Andersson, A.M. Abad, J.M. Lagarón Water-based synthesis and cleaning methods for high purity ZnO nanoparticles-comparing acetate, chloride, sulphate and nitrate zinc salt precursors // *RSC Advances*. – 2014. – Vol. 4. – P. 35568-35577.

59. Rajiv P. , Rajeshwari S., Venckatesh R..Rambutan peels promoted biomimetic synthesis of bioinspired zinc oxide nanochains for biomedical applications. *Spectrochim // Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*. – 2013. – Vol. 112. – P. 384-387.

60. Hebbalalu D., Lalley J., Nadagouda M.N., Varma R.S. Greener Techniques for the Synthesis of Silver Nanoparticles Using Plant Extracts, Enzymes, Bacteria, Biodegradable Polymers, and Microwaves // *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. – 2013. – Vol. 1. – P. 703-712.

61. Jamdagni P. , Khatri P. , Rana J.S. Nanoparticles based DNA conjugates for detection of pathogenic microorganisms // *Nano Letters*. – 2016. – Vol. 6. – P. 139-146.

62. Syed M.A. Advances in nanodiagnostic techniques for microbial agents // *Biosensors and Bioelectronics*. – 2014. – Vol. 51. – P. 391-400.

63. Xie Y., He Y., Irwin P. L., Jin T., Shi X.. Antibacterial activity and mechanism of action of zinc oxide nanoparticles against *Campylobacter jejuni* // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2011. – Vol. 77. – P. 2325-2331.

64. Liu Y., He L., Mustapha A., Li H., Hu Z.Q., Lin M. Antibacterial activities of zinc oxide nanoparticles against *Escherichia coli* O157:H7 // *Journal of Applied Microbiology*. – 2009. – Vol. 107. – P. 1193-1201.

65. Feng S., Li D., Low Z.X., Liu Z., Zhong Z., Hu Y., Wang Y., Xing W.. ALD-seeded hydrothermally-grown Ag/ZnO nanorod PTFE membrane as efficient indoor air filter // *Journal of Membrane Science*. – 2017. – Vol. 531. – P. 86-93.
66. Sathe P. , Myint M.T.Z, Dobretsov S., Dutta J. Removal and regrowth inhibition of microalgae using visible light photocatalysis with ZnO nanorods: a green technology // *Separation and Purification Technology*. – 2016. – Vol. 162. – P. 61-67.
67. Salarbashi D., Mortazavi S.A., Noghabi M.S., Bazzaz B.S.F., Sedaghat N., Ramezani M., Shahabi-Ghahfarrokhi I. Development of new active packaging film made from a soluble soybean polysaccharide incorporating ZnO nanoparticles // *Carbohydrate Polymers*. – 2016. – Vol. 140. – P. 220-227.
68. Jebel F.S., Almasi H. Morphological, physical, antimicrobial and release properties of ZnO nanoparticles-loaded bacterial cellulose films // *Carbohydrate Polymers*. – 2016. – Vol. 149. – P. 8-19.
69. Al-Naamani L., Dobretsov S., Dutta J. Chitosan-zinc oxide nanoparticle composite coating for active food packaging applications // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. – 2016. – Vol. 38. – P. 231-237.
70. Salat M., Petkova P. , Hoyo J., Perelshtein I., Gedanken A., Tzanov T. Durable antimicrobial cotton textiles coated sonochemically with ZnO nanoparticles embedded in an in-situ enzymatically generated bioadhesive // *Carbohydrate Polymers*. – 2018. – Vol. 189. – P. 198-203.
71. Ozgur U., Hofstetter D., Morkoc H.. ZnO devices and applications: a review of current status and future prospects // *Proceedings of the IEEE*. – 2010. – Vol. 98. – P. 1255-1268.
72. He X., Yoo J.E., Lee M.H., Bae J. Morphology engineering of ZnO nanostructures for high performance supercapacitors: enhanced electrochemistry of ZnO nanocones compared to ZnO nanowires // *Nanotechnology*. – 2017. – Vol. 28. – P. 245402.
73. Pasquet J., Chevalier Y., Couval E., Bouvier D., Bolzinger M.-A. Zinc oxide as a new antimicrobial preservative of topical products: interactions with

common formulation ingredients // *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. – 2015. – Vol. 479. – P. 88-95.

74. Gasparro F.P., Mitchnick M., Nash J.F. A review of sunscreen safety and efficacy // *Photochemistry and Photobiology*. – 1998. – Vol. 68. – P. 243-256.

75. Nesseem D. Formulation of sunscreens with enhancement sun protection factor response based on solid lipid nanoparticles // *International Journal of Cosmetic Science*. – 2011. – Vol. 33. – P. 70-79.

76. Chong M.N., Jin B., Chow C.W.K., Saint C. Recent developments in photocatalytic water treatment technology: a review // *Water Research*. – 2010. – Vol. 44. – P. 2997-3027.

77. Lee K.M., Lai C.W., Ngai K.S., Juan J.C. Recent developments of zinc oxide based photocatalyst in water treatment technology: a review // *Water Research*. – 2016. – Vol. 88. – P. 428-448.

78. Yang L., Mao M. Enhancing the thermal conductivity of SAE 50 engine oil by adding zinc oxide nano-powder: An experimental study // *Powder Technology*. – 2019. – Vol. 356. – P. 335-341.

79. Seil J.T., Webster T.J. Antimicrobial applications of nanotechnology: methods and literature // *International Journal of Nanomedicine*. – 2012. – Vol. 7. – P. 2767.

80. Mohammadi G., Valizadeh H., Barzegar-Jalali M., Lotfipour F., Adibkia K., Milani M. Development of azithromycin-PLGA nanoparticles: physicochemical characterization and antibacterial effect against *Salmonella typhi* // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2010. – Vol. 80. – P. 34-39.

81. 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*. – 2007. – Vol. 73. – P. 1712-1720.

82. Bera R., Mandal S., Raj C.R. Antimicrobial activity of fluorescent Ag nanoparticles // *Letters in Applied Microbiology*. – Vol. 58. – 2014. – P. 520-526.

83. Seil J.T., Webster T.J. Antimicrobial applications of nanotechnology: methods and literature // *International Journal of Nanomedicine*. – 2012. – Vol. 7. – P. 2767.
84. Seil J.T., Webster T.J. Antimicrobial applications of nanotechnology: methods and literature // *International Journal of Nanomedicine*. – 2012. – Vol. 7. – P. 2767.
85. Haghighi F., Roudbar Mohammadi S., Mohammadi P. , Hosseinkhani S., Shipour R. Antifungal activity of TiO<sub>2</sub> nanoparticles and EDTA on *Candida albicans* biofilms // *Epidemiology and Infection*. –2013. – Vol. 1. – P. 33-38.
86. Roy A.S., Parveen A., Koppalkar A.R., Prasad M.A. Effect of nano-titanium dioxide with different antibiotics against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* // *Journal of Nanobiotechnology*. – 2010. – Vol. 1. – P. 37
87. Linsebigler A.L., Lu G., Yates J.T. Photocatalysis on TiO<sub>2</sub> surfaces: principles, mechanisms, and selected results // *Chemical Reviews*. – 1995. – Vol. 95. – P. 735-758.
88. Maneerat C., Hayata Y. Antifungal activity of TiO<sub>2</sub> photocatalysis against *Penicillium expansum* in vitro and in fruit tests // *International Journal of Food Microbiology*. – 2006. – Vol. 107. – P. 99-103.
89. Padmavathy N., Vijayaraghavan R. Enhanced bioactivity of ZnO nanoparticles—an antimicrobial study // *Science and Technology of Advanced Materials*. – 2008. – P. 903.
90. Padmavathy N., Vijayaraghavan R. Enhanced bioactivity of ZnO nanoparticles—an antimicrobial study // *Science and Technology of Advanced Materials*. – 2008. – P. 903.
91. Yamamoto O. Influence of particle size on the antibacterial activity of zinc oxide // *International Journal of Inorganic Materials*. – 2001. – Vol. 3. – P. 643-646.
92. Azam A., Ahmed A.S., Oves M., Khan M.S., Habib S.S., Memic A. Antimicrobial activity of metal oxide nanoparticles against Gram-positive and Gram-negative bacteria: a comparative study // *International Journal of Nanomedicine*. – 2012. – Vol. 7. – P. 6003.

93. Akpor O.B., Odesola D.E., Thomas R.E., Oluba O.M., Chicken feather hydrolysate as alternative peptone source for microbial cultivation // Faculty of 1000. –2018.– Vol. 7.– P. 1918.
94. ISO 6887. Saline Peptone Water, 2017.
95. Besinis A., De T., Handy R.D. The antibacterial effects of silver, titanium dioxide and silica dioxide nanoparticles compared to the dental disinfectant chlorhexidine on *Streptococcus mutans* using a suite of bioassays // *Nanotoxicology*. – 2014. – Vol. 8. – P. 1-16.
96. Zhang L., Ding Y., Povey M., York D. ZnO nanofluids—A potential antibacterial agent // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2008. – Vol. 18. – P. 939-944.
97. Ravindranadh M.R.K., Mary T.R. Development of ZnO nanoparticles for clinical applications. *Journal of chemical // Journal of Biological Chemistry*. – 2013. – Vol. 4. – P. 469.
98. Xie Y., He Y., Irwin P. L., Jin T., Shi X. Antibacterial activity and mechanism of action of zinc oxide nanoparticles against *Campylobacter jejuni* // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2011. – Vol. 77. – P. 2325-2331.
99. Liu Y., He L., Mustapha A., Li H., Hu Z.Q., Lin M. Antibacterial activities of zinc oxide nanoparticles against *Escherichia coli* O157:H7 // *Journal of Applied Microbiology*, – 2009. – Vol. 107. – P. 1193-1201.
100. Yamamoto O. Influence of particle size on the antibacterial activity of zinc oxide // *International Journal of Inorganic Materials*. – 2001. – Vol. 3.–P. 643-646.
101. Xu X.L., Zhou Z.W., Zhu W.J. Studies on the active oxygen in zinc oxides with different morphologies // *Materials Science Forum* – 2008. – Vol. 610–613. – P. 229-232.
102. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. – М.: Химия, 1989. – 465 с.
103. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. – М.: Химия, 1975. – 512 с.

104. Kopeliovich D. Classification of dispersions, 2013. Режим доступа: [http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=classification\\_of\\_dispersions](http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=classification_of_dispersions).
105. Егорова Е.В. Поленов Ю.В. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебное пособие - Иваново: Иван. гос.хим. технолог. ун-т, 2008. – 84 с.
106. Зимон, А.Д. Коллоидная химия: учебник для вузов / А.Д. Зимон. – М.: Агар, 2007. – 344 с.
107. Handy R. D., von der Kammer F., Lead J. R., Hasselov M., Owen R., Crane M. The ecotoxicology and chemistry of manufactured nanoparticles // *Ecotoxicology*. – 2008. – Vol. 17. – P.287-314.
108. Егорова Е.В., Поленов Ю.В. Поверхностные явления и дисперсные системы. – Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2008. – 84 с.] [Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. – М.: Химия. – 1988. – 465 с.
109. Handy R.D., Owen R., Valsami-Jones E. The ecotoxicology of nanoparticles and nanomaterials: current status, knowledge gaps, challenges, and future needs // *Ecotoxicology*. –2008. – Vol. 17. – P. 315-325.
110. Vranova V., Rejsek K., Skene K.R., Formanek P. Non-protein amino acids: plant, soil and ecosystem interactions // *Plant and Soil*. – 2011. – V.342. – P. 31–48.
111. Ustunol I.B., Gonzalez-Pech N. I., Grassian V.H. pH-dependent adsorption of  $\alpha$ -amino acids, lysine, glutamic acid, serine and glycine, on TiO<sub>2</sub> nanoparticle surfaces // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2019. – Vol. 554. – P. 362–375.
112. Juma N., McGill W. Decomposition and Nutrient Cycling in Agroecosystems. New York. – 1986.
113. Bremner J.M. Amino acids in soil // *Nature*. – 1950. – Vol. 165. – P. 367.
114. Derjaguin B., Landau L. Theory of the stability of strongly lyophobic sols and of the adhesion of strongly charged particles in solutions of electrolytes// *Acta Physicochimica URSS*. – 1941. – Vol. 14. – P. 633-662.

115. Ott L.S., Finke R.G. Transition-metal nanocluster stabilization for catalysis: A critical review of ranking methods and putative stabilizers // *Coordination Chemistry Reviews*. – 2007. – Vol. 251.–P. 1075-1100.

116. Barick K.C., Hassan P. A.Glycine passivated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles for thermal therapy // *Journal of Colloid and Interface Science* // – 2012.– Vol. 369. – P. 96-102.

117. Orts-Gila G., Nattea K., Thiermann R., Girod M., Rades S., Kalbe H., Thünemann F., Maskos M., Österle W. On the role of surface composition and curvature on biointerface formation and colloidal stability of nanoparticles in a protein-rich model system // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2013. – Vol. 108. – P. 110-119.

118. Chai L., Qingzhu X., Bentao L., Wang Y. X., Wanga Q. Enhancement of ZnO particles aggregation and sedimentation using polysaccharide and amino acid: Importance in a biological granular sludge (ABGS) formation // *Separation and Purification Technology*. – 2015. – Vol. 151. – P. 66-73.

119. Molina R., Al-Salama Y., Jurkschat K., Dobsonad P. J., Thompson I. P. Potential environmental influence of amino acids on the behavior of ZnO nanoparticles // *Chemosphere*. – 2011. – V.83. – P. 545-551.

120. Zhou Z., Zhang F., Wang J., Zhang X., Xu W., Wu R. L-cysteine modified ZnO: Small change while great progress // *Materials Science and Engineering: C*. – 2019. –Vol. 103. – P.1-7.

121. Sandmann A., Kompch A., Mackert V., Liebscher C.H., Winterer M. Interaction of L-cysteine with ZnO: structure, surface chemistry, and optical properties // *Langmuir*. –2015. – Vol. 31. –P. 5701-5711.

122. Большая Медицинская Энциклопедия (БМЭ), под редакцией Петровского Б.В., 3-е издание, т. 18 –1982.

123. Germion Pronadisa 1600 Пептон мясной. Режим доступа: <https://germeon.ru/catalog/item/60474/>

124. ISO 6887 Saline peptone waterю CAT No: 1405 Recommended as a diluent and for the homogenization // *Microbiology*. 2001. – V. 67(11). – P. 1-2.

125. Results I.O.F., Waste D.O.F. Peptone Neutralizing Solution // 2016. С. 1–2.
126. HiMedia Laboratories. 0.1% Peptone Salt Solution Technical data // 2015.
127. Lide D.R., Handbook of Chemistry and Physics, 72nd Edition, CRC Press, Boca Raton, FL, 1991 Properties of Common Amino Acids by Sigma Aldrich, available at: <https://www.sigmaaldrich.com/life-science/metabolomics/learning-center/amino-acid-reference-chart.html#prop>
128. Papina J, Godymchuk A, Kutukov A, Kuznetsov D and Baisalova G Amino acids adsorption in differently aged and concentrated aqueous suspensions of ZnO and TiO<sub>2</sub> nanoparticles IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conference Series 1145 012022.–2019.
129. Thomas P. , Linsinger J., Gerganova T., Kestens V., Charoud-Got J. Preparation and characterization of two polydisperse, non-spherical materials as certified reference materials for particle size distribution by static image analysis and laser diffraction // Powder Technology – 2019. – Vol. 343. – P. 652-661.
130. Godymchuk A., Karepina E., Yunda E., Lyamina G., Kosova N., Kuznetsov D. Stability study of ZnO nanoparticles in aqueous solutions of carboxylate anions // Journal of Nanoparticles research. – 2015. – 17 – P. 123.
131. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: учебное пособие / А. И. Агошков, А. Ю. Трегубенко, Т. И. Вершкова; Дальневосточный федеральный университет (ДФУ). — Москва: Проспект, 2015. — 157 с.: ил. — Библиогр.: с. 153-154.
132. Gulson B. Small amounts of zinc from zinc oxide particles in sunscreens applied outdoors are absorbed through human skin. Toxicol. Science. – 2010.– Vol. 118. – P. 140-149.
133. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

134. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

135. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

136. ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

137. ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.

138. МР 1.2.0037-11. Контроль наноматериалов в воздухе.

139. ГОСТ 17.1.3.06–82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.

140. ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.

141. ГН 2.1.5.2280-07 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

142. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве Минздрав России. – 2006.

143. Постановление Правительства РФ от 3 сентября 2010 г. № 681.

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

**ПРИЛОЖЕНИЕ А. Раздел на английском языке  
(справочное)**

**Aggregate stability and adsorption properties of zinc oxide  
nanoparticles in model peptone**

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ82	Болатова Жанар		

Консультант

Должность	ФИО	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения иностраннных языков ШБИП	Ажель Ю.П.		

## **Introduction**

Nanoparticles have attracted considerable attention recently because of their exceptional physical and chemical properties, which are very different from their bulk counterparts. Nanoparticles have a wide range of applications, namely optical, catalytic, photocatalysis, drug delivery, etc. Zinc oxide (ZnO) nanopowder is an inorganic compound, usually resembling a white powder, which is practically insoluble in water. ZnO nanoparticles have been studied for their various applications in many fields, including medicine. ZnO is industrially significant due to its ease of synthesis, non-toxicity and relatively low cost.

ZnO nanoparticles are used in the manufacture of paints, sunscreens, plastics and rubbers, electronics and pharmaceutical products, etc. They are also used to treat cancer cells.

The aim of the work is to determine the influence of size, shape, composition on the dispersion and biological properties of nanoparticles in different experimental conditions.

## **Classification and properties of nanoparticles**

Nanotechnology is a technology engaged in the development, production and use of materials that have structures, particles, fibers less than 100 nm in size. Nanomaterials - natural, random or manufactured materials containing particles in an unbound state or in the form of an agglomerate, where the quantities for 50% or more of the particles in the size distribution are in the size range of 1-100 nm. Nanoparticles represent a wide class of particles whose dimensions are smaller than 100 nm or less [3].

Nanoparticles are generally divided into different categories depending on their morphology and chemical properties. Based on the physical and chemical characteristics, some of the known classes of NPs are given below.

Depending on the dimension, nanomaterials can be zero-, one-, two- and three-dimensional (0D, 1D, 2D or 3D) [4].

In 2007 Pokropivny V.V. and Skorokhod V.V. developed a new classification scheme for nanomaterials, which included recently developed composites, such as the 0D, 1D, 2D and 3D. This classification is highly dependent on the size movement of electrons in nanomaterials. For example, electrons in 0D-nanomaterials are trapped in dimensionless space, while in 1-dimensional nanomaterials have electrons that can move along the x axis, which is less than 100 nm. Similarly, two-dimensional and three-dimensional nanomaterials have electron motion along the x, y, and x, y, z axes, respectively.

In zero-dimensional (0D) nanomaterials, all sizes are measured within the nanoscale (no sizes exceed 100 nm). Most often, 0D-nanomaterials are nanoparticles.

The field of one-dimensional nanomaterials, such as nanotubes, has attracted considerable attention since Iijima's pioneering work has had a huge impact in nanoelectronics, nanodevices and systems, nanocomposites, alternative energy sources and national security. Also, one-dimensional nanomaterials are nanowires, nanorods, nanotubes, nanoribbons, nanoribbons.

In recent years, the synthesis of two-dimensional nanomaterials has become the main field in the study of materials, due to their many low-dimensional characteristics, distinguishing from bulk properties. In addition, 2D-nanostructured materials are especially interesting not only for a basic understanding of the nanostructure growth mechanism, but also for research and development of new applications in sensors, photocatalysts, nanocontainers, nanoreactors and templates for 2D-structures of other materials. The class of 2-D nanomaterials includes branched structures, nanoprism, nanoplates, nanosheets, nanowalls and nanodisks. Two-dimensional nanostructures of ZnO also showed unique electrical, chemical, physical and optical properties.

Owing to the large specific surface area and other superior properties compared to their bulk counterparts arising due to the quantum size effect, three-dimensional nanomaterials have generated considerable research interest and many dimensional nanomaterials been synthesized over the last 10 years. It is well known that the behavior of nanostructured materials is highly dependent on shapes, dimensions and morphology, which are thus key factors for their maximum performance and

applications. Therefore, the synthesis of three-dimensional nanomaterials with a controlled structure and morphology is of great interest. In addition, three-dimensional nanostructures are an important material due to the wide range of applications in the field of catalysis, magnetic material and electrode material for batteries. Moreover, three-dimensional nanomaterials have recently attracted intense research interests because nanostructures have a large surface area and provide enough absorption for all the molecules involved in a small space. On the other hand, such materials with porosity in three dimensions can lead to better transport molecules. Three-dimensional porous films based on chitosan/pectin/ZnO nanoparticles were prepared for wound healing by lyophilization, the chemical nature, composition, and morphology of these films were revealed by CES, BET, and XRD methods SEM microphotographs have shown a decrease in pore size and porosity of chitosan/pectin/ZnO films with an increase in ZnO nanoparticles. The developed films showed a degree of swelling and water holding capacity in the range of 189–465 and 230–390 %, respectively. In addition, they showed improved compressive strength and controlled degradation in a lysozyme-containing environment compared to the control.

Nanoparticles can have a different shape that affect, for example, optical properties. Gold (Au), platinum (Pt), silver (Ag) and palladium (Pd) NPs with a size of 20 nm have a characteristic wine-red color, yellowish gray, black and dark black, respectively. Fig. 1 shows an example of this illustration, in which Au NPs are synthesized with different sizes. These NPs showed characteristic color and properties with changes in size and shape, which can be used in bioimage applications. As shown in fig. 1, the color of the solution changes due to differences in the ratio of width to height, thickness of the nanoshell, and % gold concentration. A change in any of the aforementioned factors affects the absorption properties of the NPs, and therefore different absorption colors are observed.

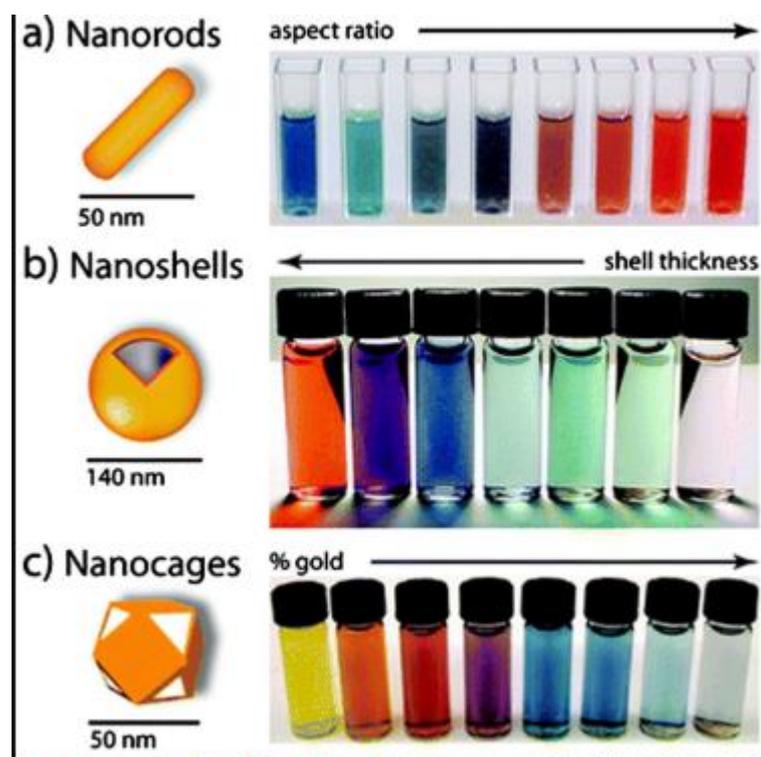


Figure 1 – Color NPs dependence Au on the size and shape

The composition of carbon, metal-containing and polymer nanoparticles is distinguished. Carbon nanomaterials include fullerenes, nanotubes, graphene, consisting solely of carbon atoms and causing great commercial interest due to their electrical conductivity, high strength, structure, electron affinity and versatility. These materials have located pentagonal and hexagonal carbon units, while each carbon  $sp^2$  is hybridized.

Metal NPs are made of metals, oxides, intermetallic compounds, alloys. Due to the well-known characteristics of localized surface plasmon resonance, these NPs have unique optoelectric properties. NPs of alkali and noble metals, i.e., Cu, Ag, and Au, have a wide absorption band in the visible zone of the electromagnetic solar spectrum. Controlled by faces, size and shape, the synthesis of metal nanoparticles is important in modern materials.

Ceramic NPs are inorganic non-metallic solid particles synthesized by heating and sequential cooling. They can be found in amorphous, polycrystalline, dense, porous or hollow forms. Therefore, these NPs attracted much attention of researchers

because of their use in applications such as catalysis, photocatalysis, photodegradation of dyes and image.

Polymeric NPs have an organic basis, and are mainly nanospheres or nanocapsular forms. The first are matrix particles, the total mass of which, as a rule, is solid, and other molecules are adsorbed on the outer boundary of the spherical surface. In the latter case, the solid mass is completely encapsulated within the particles. Polymeric NPs easily functionalized and thus finding a variety of uses in the literature.

Lipid-based nanoparticles contain lipid fragments and are effectively used in many biomedical applications. Typically, lipid NPs are typically spherical with diameters ranging from 10 to 1000 nm. Like polymer NPs, lipid NPs have a solid lipid core, and the matrix contains soluble lipophilic molecules. Surfactants or emulsifiers stabilized the outer core of these MK NPs. Lipid nanotechnology represents a special area that is focused on the design and synthesis of lipid nanoparticles for various applications, such as carriers and delivery of drugs.

### **Preparation of Zinc Oxide Nanoparticles**

Various methods can be used for the synthesis of ZnO NPs, but these methods are generally divided into two main approaches: “bottom-up” and “top-down”. The first uses atoms and molecules to create nanostructures that can be obtained by chemical synthesis, biological methods, or controlled precipitation and growth. Among the physical synthesis of zinc nanomaterials, one can distinguish methods such as physical vapor deposition, plasma arc method, thermal evaporation, and ultrasonic irradiation.

Thermal evaporation is a process in which a condensed or powdery starting material evaporates at an elevated temperature, and then the resulting vapor phase condenses under certain conditions, such as temperature, pressure, atmosphere or substrate, to form the desired product, as shown for the synthesis of ZnO nanoparticles of ZnO nanoparticles with size 50 nm also synthesized nanorods, nanowires with 80-120 sizes, by heating zinc powder at 700 °C at 20 Pa, and ZnO nanoparticles with a

diameter of 50...200 nm were obtained.

The thermal evaporation method is a simple, inexpensive method that does not require the use of catalysts. In addition, it can be used for the manufacture of ZnO nanotubes on an industrial scale.

Plasma-chemical synthesis - using plasma arc or glow (normal, high-frequency or microwave) discharges. Raw materials (metals, halides) are introduced into the plasma jet. High-temperature plasma (up to 10000 K) ensures the transfer of raw materials to the gaseous state is its chemical interaction with a high speed (reaction  $t = 0,001$  s). There is a sharp drop  $T = 105-107$  degrees/second. The material is rapidly cooled and crystallized, and nanopowder is formed. Particles have the correct shape and size from 10 to 200 nm. When using active media containing carbon, nitrogen, boron or oxygen, nanopowders of carbides, nitrides, borides and oxides of different elements can be obtained. Nanorods were obtained in an aqueous plasma with a size of 200 nm.

Water-based chemical methods have numerous advantages, such as environmental friendliness, the use of cheap and easy-to-handle reagents, as well as simple equipment, and at the same time they require only low energy consumption. In addition, they make it easy to adapt synthesis parameters throughout the process, which helps to gain control over the composition, shape and size of the resulting nanomaterials. Among chemical methods, microemulsion can be distinguished: synthesized Zinc Oxide Nanoparticles using the Ethanol-in-Oil. Moreover, they first used a zinc-substituted surfactant. Oxalic acid (fine powder) was added to precipitate zinc oxalate. Finally, zinc oxide was obtained after calcining the oxalate, and the resulting nanoparticles had a size of about 12 nm, sol-gel synthesis, ZnO nanoparticles in the size range from 2 to 7 nm were obtained, precipitation, hydrothermal methods and solvotometrically.

The deposition method has been successfully used to create various zinc oxide nanostructures. Synthesis by this method comprises the reaction of zinc salts, such as  $Zn(NO_3)_2$ ,  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ ,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ . With basic solutions, containing LiOH,  $NH_4OH$  and NaOH. The synthesis begins with a reaction between zinc and

hydroxide ions followed by an aggregation process. The formation of a stable colloid of ZnO nanoparticles is usually carried out in an alcohol solution, since  $\text{Zn(OH)}_2$  is formed from aqueous solutions. The preparation of zinc oxide nanoparticles with different morphologies is possible by controlling various parameters of the deposition process, such as solution concentration, pH, medium, or calcination temperature. Zinc used heptahydrate and sodium hydroxide as a precursor for creating zinc oxide nanostructures. The results of SEM analyzes and UV spectroscopy showed that the morphology of the synthesized nanoparticles varies with the calcination temperature 300 and 500 °C the deposition method was used to obtain ZnO nanoparticles with controlled morphology. They synthesized nanoparticles with a size of about 20 nm with zinc chloride as a precursor and ammonium carbamate as a precipitating agent. The results of thermogravimetric analysis and SEM showed that the formation of precipitation and the morphology of the nanoparticles depend on the concentration of the zinc precursor. ZnO was synthesized using zinc nitrate and urea as precursors. In a typical synthesis, 0,5 M (4,735 g) of zinc nitrate ( $\text{Zn(NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) is dissolved in 50 ml of distilled water and kept under continuous stirring for 30 minutes to completely dissolve. 1 M (3,002 g) of urea is also prepared in 50 ml of distilled water with constant stirring for 30 minutes; urea solution acts as a precipitating agent. The urea solution is added dropwise to a solution of zinc nitrate with vigorous stirring at 70 °C for 2 hours to ensure complete formation of nanoparticles. The final precipitated solution becomes whitish-cloudy. This white precursor product is centrifuged at 8000 rpm for 10 minutes and washed with water with the addition of impurities or absorbed ions, if present. Calcination of the resulting product will be carried out at a temperature of 500 °C for 3 hours using a muffle furnace. The particle size was 20 nm and the structure was pseudospherical.

The results of using various zinc oxide precursors, such as nitrate, chloride, and zinc acetate; reaction conditions were the same in all cases. The smallest particles with an average size of 25 nm were obtained from an acetate precursor. Precipitation using chloride and precursors led to the formation of nanoparticles with sizes of 10-30 nm and 80-100 nm, respectively. In the case of a nitrate precursor, the particles were star-

shaped with an average size of about 500 nm. Based on these results, it can be concluded that the successful synthesis of precipitation depends on the correct choice of the zinc nanoparticle precursor.

### **The use of zinc oxide nanoparticles**

Nanoparticles ZnO exhibit specific catalytic, optical, antimicrobial, wound healing and anti-inflammatory properties, whereby the nanoparticles ZnO widely used for various applications in medicine, cosmetics, biomedical devices, and restoring the environment.

ZnO nanoparticles have very good antibacterial properties and are used for air purification and water for filtration and as packing for food products, for textile or fabric coatings.

ZnO nanoparticles have found a wide range of applications, including environmental restoration, piezoelectrics, electronics, sensors, solar energy conversion, supercapacitors.

Its antibacterial, antimicrobial, disinfectant and desiccating properties make ZnO also suitable for pharmaceutical products, in essentially in the form of ointments and creams. The cosmetic sector ZnO issued in a pigment or filler, in sun creams in a UV-blocker and also as a soothing and protective coating against skin irritation and abrasion.

The heterogeneous photocatalysis, in which the used semiconductor catalysts (TiO<sub>2</sub>, ZnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CdS and ZnS), demonstrated their efficiency in the decomposition of a wide spectrum of organic compounds in biodegradable compounds and in the final result turned them into harmless carbon dioxide and water.

In the field of photocatalysis, today ZnO has become a major candidate in the environmental management system due to its non-toxicity, profitability, the band gap close to UV (3,37 eV), its excellent ability to grow in many different nanostructured forms (wires, rods), high oxidative ability and chemical and optical stability.

One of the most important approaches to energy conservation in industry is the use of lubricants to reduce friction, regulate heat generated and improve heat

transfer. Among various methods for improving the heat transfer of liquids, the addition of solid particles ranging in size from 1 to 100 nm and the preparation of nanofluids have attracted the attention of many researchers in recent decades. In the work to increase the thermal characteristics of SAE 50 engine oil by adding zinc oxide nanoparticles. Studies are carried out in the temperature range from 25 to 55 °C and in volume fractions from 0,125 to 1,5 %. The results revealed a tendency to increase thermal conductivity with increasing temperature and concentration. The maximum increase in thermal conductivity was 8,74 %.

### **Antibacterial Properties of ZnO Nanoparticles**

The emergence of pathogenic bacteria resistant to antimicrobials has become a serious health problem. It is understood that more than 70 % of the bacteria that cause poisoning and infection are resistant to one or more antimicrobial agents that are commonly used to eradicate the infectious treatment of poisoning. The development of new and effective antimicrobials appears to be of paramount importance.

Type materials, used for the preparation of the NPS and also form charge and size of particles are key factors, influence on the efficacy of antimicrobial drugs.

Along with TiO<sub>2</sub> NPs having a high antimicrobial and antifungal activity, ZnO nanoparticles have advantages. The safety of ZnO and its compatibility with human skin make it a suitable supplement for use in food products and surfaces in contact with the human body and food. Indeed, ZnO NPs exhibit an antibacterial effect on gram-positive and gram-negative bacteria, as well as on spores that are resistant to high temperature and high pressure. The effective antibacterial activity of ZnO NPs of 12 nm in size compared with microparticles (2 µm) was shown. Investigated the effect of concentration and particle size on the antibacterial activity of ZnO against *S. aureus* and *E. coli*. On the basis of its results it was found, that the antibacterial activity of ZnO increased with decreasing size of particles from 100 to 800 nm and increasing concentrations of powder from 0.001 to 10 mg/l. In the work was illustrates comparative antimicrobial activity of NP<sub>s</sub> ZnO, CuO and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> against Gram (*E.coli* and *P.aeruginosa*) and gram positive (*S.aureus* and *B.subtilis* ) bacteria. According to

the results, the highest antibacterial activity was observed for ZnO NPs, while Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NPs showed the least bactericidal effect.

Peptone solution is a nutrient solution and conventionally used for the cultivation of many bacteria. Synthetic peptone, a mixture of amino acids with a given electrolyte content, can also be used to cultivate organisms and as a medium for assessing the toxicity of nanoparticles. However, the initial data for biological testing are not only the initial characteristics of the nanoparticles, but also their dispersion and electrokinetic properties when interacting in an aqueous medium with amino acids.

ZnO nanoparticles reduce the viability of bacteria, but the basic and exact mechanism of its antibacterial activity has not been well understood. Among the mechanisms of antimicrobial action of NPs, the release of toxic metal ions as a result of dissolution of NPs and oxidative stress due to the formation of reactive oxygen species (ROS) on the surface of NPs have been proposed. In addition, the generation of ROS on the particle surface, the release of zinc ions, and membrane dysfunction can also be considered as possible causes of cell damage. A positive surface charge of metal nanoparticles promotes their binding to bacteria with a negative surface charge, which can lead to an increase in the bactericidal effect.

Polymer nanocomposites containing ZnO nanoparticles are generally recognized as a safe substance. However, the detailed mechanism of the antibacterial properties of ZnO is not yet entirely clear. Some researchers believe that the interaction between the released Zn<sup>+</sup> ions from ZnO nanoparticles and cell surfaces, which affects the permeability of cell membranes and causes oxidation in bacterial cells, which subsequently leads to inhibition of cell growth and, ultimately, cell death. But others believe, that the active oxygen, produced of ZnO, is a key material for the destruction of bacteria. Regardless of which mechanism is true, the direct effect of ZnO nanoparticles on bacteria should be a key step in enhancing their antibacterial effect in polymer composites.

### **Aggregate stability of disperse systems**

Coagulation or aggregation is a spontaneous process of decreasing the degree

of dispersion of a dispersed phase (i.e., combining particles into larger aggregates).

Particle aggregation can be homogeneous (coagulation of particles of the same type) and heterogeneous (interaction of particles of different structures and different phases).

In terms of thermodynamics, the aggregated instability of colloidal systems is due to positive free surface energy concentrated on the interphase surface. Since all systems with free excess energy are unstable, this determines the ability of colloidal systems to coagulate. However, the thermodynamic interpretation is insufficient to describe the process, since only on its basis it is impossible to determine the mechanism and speed, that is, the kinetics of the process.

According to kinetic concepts, the stability of a colloidal system is determined by the probability that the colliding particles will have a lower kinetic energy than the repulsion energy.

The instability of the colloidal system, i.e., its coagulation rate, is determined by the presence of attraction forces between particles, the probability of collisions of particles, the probability of particle orientation convenient for sticking together, and the probability of colliding particles having some excess energy  $E_a$  (activation energy) necessary to overcome the repulsive forces.

The attractive forces have a different nature: the electrostatic attraction of charged particles, covalent bonds between the surface molecules of neighboring particles, donor-acceptor and van der Waals forces between the surface molecules of neighboring particles, as well as the forces of electromagnetic vacuum fluctuations (Casimir forces), which increase with approach particles.

The repulsive forces can be the electrostatic forces of like charged particles. The charge, which is the same for all particles, arises as a result of selective adsorption by the interphase surface of one of the electrolyte ions present in the system, with the formation of a double electric layer - DES. A decrease in the electrostatic repulsion of particles in lyosols can occur as a result of the introduction of electrolyte solutions into them. Another reason of repulsion is the formation of solvate shell particles from medium molecules on the surface. A similar shell also arises as a result

of adsorption by the dispersed phase of molecules or ions of the third component (stabilizer) of the system.

The appearance of a DEL on the interfacial surface is the result of the interaction of conjugated phases due to excess surface energy. The desire of a heterogeneous system to reduce surface energy causes a certain orientation of polar molecules and ions in the surface layer, as a result of which the contacting phases acquire charges of the opposite sign, but of equal magnitude. As a result, at the interface there is a DEL, which causes various electro-surface energies.

The modern theory of the structure of DES, proposed by Stern: a double electric layer on solid surfaces consists of dense and diffuse parts. The part of the counterions is located at distances of the order of the ion diameter from the core surface, forming an adsorption layer of counterions (called the Helmholtz layer or the Stern adsorption layer). The other part forms a diffuse layer (Gouy-Chapman layer). The potential of the diffuse part of the DES, limited by the plane of fluid slip relative to the surface - therefore it is called the *electrokinetic potential* and is usually denoted by the Greek letter  $\zeta$  (zeta); hence, the second name is the *zeta potential*. Since the  $\zeta$  potential is proportional to the charge of the colloidal particle, the aggregative stability of the sol increases with its value.

The first layer, *the Stern adsorption layer*, is formed by counterions located near the surface it is NPs (in simplified terms this distance can be considered equal to the radius of the counterion). The relationship between electrostatic and adsorption forces determines the ion concentration and surface charge. If the adsorption capacity of counterions is high, then their concentration in the first layer increases, and the surface charge decreases. In those cases when the adsorption forces exceed the forces of electrostatic interaction, the first layer can even consist of ions of the same name with potential-determining ones.

Outside the adsorption layer, a diffuse layer (Gouy-Chapman layer) begins, which exists due to ion diffusion, the direction of which is opposite to electrostatic attraction and other adsorption forces. An increase in the concentration of electrolytes

leads to a compression of DEL, and the ability of ions to compress the diffuse layer increases with an increase in their valency .

### **Aggregation of ZnO nanoparticles in solutions of amino acids and electrolytes**

An important problem that has been neglected so far is the agglomeration of nanoparticles, in particular in the context of environmental impact and its consequences in assessing nanotoxicity. The agglomeration of nanoparticles is likely influenced by the shape of the particles, size, surface area and charge, as well as the adsorption properties of the nanomaterial under consideration. In addition, factors such as pH, ionic strength, water hardness and the presence of organic substances can potentially alter the aggregation of nanoparticles, which in turn can affect their toxicity and reactivity.

Amino acids are the essential constituents of the proteins are components of biological fluids, pharmaceuticals and cosmetics, as well as in free form may be present in soil. It is shown in the literature that the adsorption of amino acids on the surface of nanoparticles can significantly change the behavior of particles, enhancing or weakening agglomeration in aqueous media. Therefore, the study of their influence on the physicochemical properties of nanoparticles is an important task in understanding the features of the interaction of nanoparticles with the bioenvironment, which allows predicting the toxicity of nanomaterials for further use. In general, amino acids are the second largest component of exudates in the root zone. Thus, understanding the effect of amino acids on the behavior of nanoparticles is important for predicting their fate in the environment and understanding how chemical components and processes in the root environment affect the behavior of nanomaterials. Typical solutions of amino acids at a natural pH (pH 5,5-8,5) have characteristic charges. For example, histidine is positively charged, glycine is neutral, and aspartic acid and glutamate have a negative common charge. These four amino acids are typical of those found naturally in the environment and to which ZnO nanoparticles can be exposed if released, especially in terrestrial habitats. In general, these amino acids are found in the environment in organic neutral soils.

The colloidal stability of nanoparticles in solution and their tendency to agglomerate can be considered within the framework of electrostatic, steric and van der Waals forces, which can be generalized using the theory of Derjaguin – Landau – Verwey – Overbeck. Agglomeration and colloidal stability of particles, in which case dispersions of nanoparticles, are determined by the sum of the attractive and repulsive forces between individual nanoparticles. The attraction between the nanoparticles is explained by the forces of Van der Waals. The interaction of the electric double layer surrounding each particle is called the electrostatic repulsive force. When particles are coated with organic matter, a steric repulsive force is created between the particles due to the entropic effect resulting from a decrease in freedom of configuration rather than physical strength.

In works describes a simple approach to glycine modification of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles with medium 10 nm in size during the synthesis. The amino groups present on the surface of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> NPs can provide the bioavailability of NPs for biomolecules or biological labels.

The proteins increase the dispersion of nanoparticles in cell culture media. Aggregation of ZnO nanoparticles (100 nm) in the presence of polysaccharides and/or amino acids or a mixture thereof. Xanthan gum (XG) and tryptophan (Trp) were selected as the model polysaccharide and amino acid, respectively. It was also shown that the aggregation of ZnO NPs is enhanced in the series SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > Cl<sup>-</sup> > F<sup>-</sup>.

Agglomeration of ZnO nanoparticles in the presence of aminoxyloxy groups giving different charges in water (glycine, histidine, aspartic and glutamic acids) with different concentrations (0 ... 100 mM) pH = 5,5-8,5. It was shown that the particle size distribution decreased with increasing concentration of all amino acids.

Modified ZnO NPs with a size of 7-8 nm using cysteine and demonstrated an improvement in their biocompatibility without changing the antibacterial properties.

L-Cysteine is an amino acid having carboxylic, amino and thiol functional groups. Therefore, it can potentially interact through various functional groups with ZnO nanoparticles. Cysteine acted as a source of sulfur, which led to the formation of a ZnS shell around the ZnO core and helped to stabilize the core-shell nanoparticles.

Modeling using the Langmuir isotherm confirmed adsorption into the monolayer of Cys molecules around zinc oxide nanoparticles to increase their colloidal stability and ultraviolet absorption. Adsorption equilibrium was reached within 100 minutes for Cys. Adsorption of Cys on ZnO nanoparticles prevented their aggregation. After centrifugation of a transparent suspension of Cys-ZnO, nanoparticle deposition did not occur.