

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 22.04.01. Материаловедение и технологии материалов
Отделение школы Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Особенности агрегации наночастиц оксида цинка в поверхностных водах

УДК 661.847.9'02:544.77:556.531

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ02	Юдникова Арина Александровна		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Профессор отделения социально-гуманитарных наук	Гасанов М.А.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Доцент отделения общетехнических дисциплин	Антоневич О.А.	к.б.н.		

По разделу «Приложение. Раздел на английском языке»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2022 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 22.04.01

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке, для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1.	Способен решать производственные и/или исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов
ОПК(У)-2	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии
ОПК(У)-3	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества
ОПК(У)-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
ОПК(У)-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен реализовывать на производстве технологии сухого компактирования порошковых материалов, используя методы горячего и холодного прессования, ультразвукового и коллекторного компактирования
ПК(У)-2	Способен диагностировать и модернизировать эксплуатационные свойства материалов с учетом наноразмерной составляющей, используя традиционное и современное оборудование и программное обеспечение приборов
ПК(У)-3	Способен исследовать состав и структуру веществ, с учетом специфики наноразмерных материалов, используя современное оборудование и программное обеспечение приборов
ПК(У)-4	Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, поверхностные и другие свойства материалов при выборе и реализации технологии получения объемных наноматериалов
ПК(У)-5	Способен реализовывать технологии получения наноматериалов с учетом ресурсоэффективности и экологической безопасности

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 22.04.01. Материаловедение и технологии материалов
Отделение школы Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ О.Л. Хасанов
 « 02 » февраля 2022 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ02	Юдникова Арина Александровна

Тема работы:

Особенности агрегации наночастиц оксида цинка в поверхностных водах	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 33-33/с от 02.02.2022

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе:	1) источники литературы: базы данных www.sciencedirect.com , www.elsevier.com , link.springer.com 2) оборудование и лабораторный инвентарь НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии» отделения материаловедения Томского политехнического университета и кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС». 3) объекты исследования: наночастицы ZnO разной дисперсности 4) требования к результатам: зависимости, демонстрирующие влияние размера частиц и концентрации гуминовых кислот на скорость осаждения, размер и заряд частиц в водной суспензии.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов:	1) провести литературный обзор по классификации, получению, применению и свойствам наночастиц ZnO в водных суспензиях; 2) провести дисперсионный анализ НЧ ZnO методами просвечивающей электронной микроскопии и низкотемпературной адсорбции азота; 3) определить влияние размера наночастиц ZnO и концентрации гуминовых кислот на коллоидные свойства наночастиц в водных суспензиях методами спектрофотометрии и динамического рассеяния света.

Перечень графического материала:	1) изображения и распределения частиц по размерам для сухих частиц по данным электронной микроскопии; 2) распределения частиц по размерам и кривые седиментации по данным метода динамического рассеяния света и спектрофотометрии; 3) зависимости, демонстрирующие влияние размера частиц и концентрации гуминовых кислот на скорость осаждения, размер и заряд частиц в водной суспензии.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А.
Социальная ответственность	Антоневич О.А.
Раздел ВКР на английском языке	Демьяненко Н.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Разделы на русском языке: Литературный обзор, экспериментальная часть, результаты и их обсуждение, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность	
Раздел на иностранном языке: Literature review	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	02.02.2022 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Годымчук А.Ю.	к.т.н.		02.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ02	Юдникова А.А.		02.02.2022

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
 Уровень образования магистр
 Отделение школы Отделение материаловедения
 Период выполнения весенний семестр 2021 / 2022 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2022	1. Литературный обзор	20
01.04.2022	2. Экспериментальная часть	20
01.05.2022	3. Обсуждение результатов и оформление работы	30
20.05.2022	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоемкость	10
20.05.2022	5. Социальная ответственность	10
20.05.2022	6. Обязательное приложение на иностранном языке	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 111 с., 17 рис., 40 табл., 104 источника, 1 прил.

Ключевые слова: наночастицы ZnO, суспензия, гуминовые кислоты, распределение наночастиц по размерам, динамическое рассеяние света, спектрофотометрия, седиментация, агрегация, заряд поверхности.

Объектами исследования являются промышленные наночастицы ZnO с размерами 22...109 нм.

Цель работы: определение влияния размера наночастиц и концентрации гуминовых кислот на коллоидные свойства промышленных наночастиц ZnO в водных суспензиях.

В работе изучалось влияние концентрации гуминовых кислот, размера и форм наночастиц ZnO на дисперсионные (размер и заряд) и седиментационные (скорость осаждения) свойства промышленных наночастиц ZnO в водных суспензиях с применением методов просвечивающей электронной микроскопии, спектрофотометрии и динамического рассеяния света.

В результате исследования показано, что концентрационное влияние гуминовых кислот на агрегацию наночастиц носит пороговый характер с порогом в диапазоне 10^{-4} ... 10^{-3} мг/л, в котором для частиц характерна минимальная коллоидная стабильность, а с уменьшением размера частиц агрегативная устойчивость суспензий снижается.

Область применения: полученные зависимости могут быть использованы для прогнозирования токсичности наночастиц в условиях их попадания в водную среду.

В будущем планируется изучить особенности агрегации наночастиц в растворах электролитов в присутствии гуминовых кислот.

Используемые в работе сокращения:

НЧ – наночастицы

ZnO-22 – наночастицы ZnO со средним размером 22 нм

ZnO-25 – наночастицы ZnO со средним размером 25 нм

ZnO-37 – наночастицы ZnO со средним размером 37 нм

ZnO-109 – наночастицы ZnO со средним размером 109 нм

ГК – гуминовые кислоты

ПЭМ – просвечивающая электронная микроскопия

ДРС – динамическое рассеяние света

d_{cp} – средний размер частиц/агрегатов в суспензии, нм

ξ -потенциал – электрокинетический потенциал частиц в суспензии, мВ

k_{sed} – константа скорости седиментации, $ч^{-1}$

C_0 – относительная начальная концентрация частиц в суспензии

C_{res} – относительная остаточная концентрация частиц в суспензии

$(1-C_{res}/C_0)$ – степень осаждения частиц, уд. ед. или %.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	12
1.1. Нанопорошки: классификация, получение, применение.....	12
1.1.1. Определение и классификация наночастиц	12
1.1.2. Получение наночастиц ZnO	13
1.1.3. Применение наночастиц ZnO	16
1.2. Свойства наночастиц в гидросфере	17
1.2.1. Влияние наночастиц на гидробионты.....	17
1.2.2. Агрегация наночастиц в водных суспензиях	22
1.3. Постановка задач исследования	28
ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	30
2.1. Объекты исследования	30
2.2. Определение морфологии наночастиц.....	30
2.3. Приготовление растворов и суспензий наночастиц	31
2.3.1. Приготовление растворов гуминовых кислот.....	31
2.4. Исследование коллоидных свойств наночастиц.....	32
2.4.1. Определение параметров седиментации	32
2.4.2. Определение размера и заряда частиц в суспензии	33
2.5. Исследование адсорбционных свойств наночастиц.....	33
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	35
3.1. Характеристика сухих наночастиц (БЭТ ЭМ)	35
3.2. Агрегационные свойства наночастиц	37
3.2.1. Агрегация в воде	37
3.2.2. Влияние гуминовых кислот	37
3.2.3. Влияние размера и формы наночастиц.....	39
3.2.4. Кинетика агрегации в растворах гуминовых кислот.....	40
3.3. Седиментационные свойства частиц в суспензиях	41
3.3.1. Влияние гуминовых кислот	41
3.3.2. Влияние размера и формы частиц.....	43

3.4. Адсорбционные свойства наночастиц	44
3.5. Выводы	45
ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	48
4.1. Предпроектный анализ	49
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	49
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	50
4.1.3. SWOT-анализ.....	52
4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	54
4.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	55
4.2. Инициация проекта	55
4.3. Планирование управления научно-техническим проектом.....	57
4.3.1. Иерархическая структура работ проекта	58
4.3.2. План проекта.....	58
4.3.3. Бюджет научного исследования	61
4.3.4. Организационная структура проекта	65
4.3.5. План управления коммуникациями проекта.....	65
4.3.6. Реестр рисков проекта	65
4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	68
4.4.1. Оценка абсолютной эффективности исследования.....	68
4.4.2. Оценка сравнительной эффективности исследования	73
4.5. Выводы по разделу.....	75
ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	79
5.1 Введение.....	79
5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	79
5.3 Производственная безопасность	79
5.3.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	81

5.3.2. Расчет освещенности помещения НИР.....	84
5.4 Экологическая безопасность.....	85
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	87
5.6 Выводы по разделу.....	89
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	90
СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ.....	102
Приложение А	103

ВВЕДЕНИЕ

Наночастицы ZnO перспективны для применения в производстве косметики, красок и белил [1], сенсоров [2], дисплеев и солнечных батарей [3], а также для доставки лекарственных препаратов [4]. Большой спрос на товары, содержащие наночастицы, привел к возможностям выделения наночастиц в окружающую среду, включая поверхностные воды [5] и, соответственно, к потенциальной угрозе для гидробионтов [6-7].

В поверхностных водах биологическое действие наночастиц сильно зависит от их коллоидных свойств, которые в большой степени определяются размером наночастиц [8-9] и концентрацией в воде органических веществ, включая гуминовые кислоты [6, 10]. Однако, несмотря на высокую актуальность, в литературе до сих пор недостаточно данных о закономерностях изменения коллоидных свойств наночастиц, что не позволяет прогнозировать их поведение при их попадании в гидросферу.

Целью выпускной квалификационной работы является определение влияния размера наночастиц и концентрации гуминовых кислот на коллоидные свойства промышленных наночастиц ZnO в водных суспензиях.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Нанопорошки: классификация, получение, применение

1.1.1. Определение и классификация наночастиц

Наночастицы (НЧ) – это частицы, имеющие размеры от 1 до 100 нм и характеризующиеся некоторыми особыми физико-химическими свойствами, такими как площадь поверхности, поверхностный заряд, степень агломерации и морфология частиц [5].

В зависимости от различных характеристик НЧ классифицируют по химическому составу, структуре, размерности и морфологии.

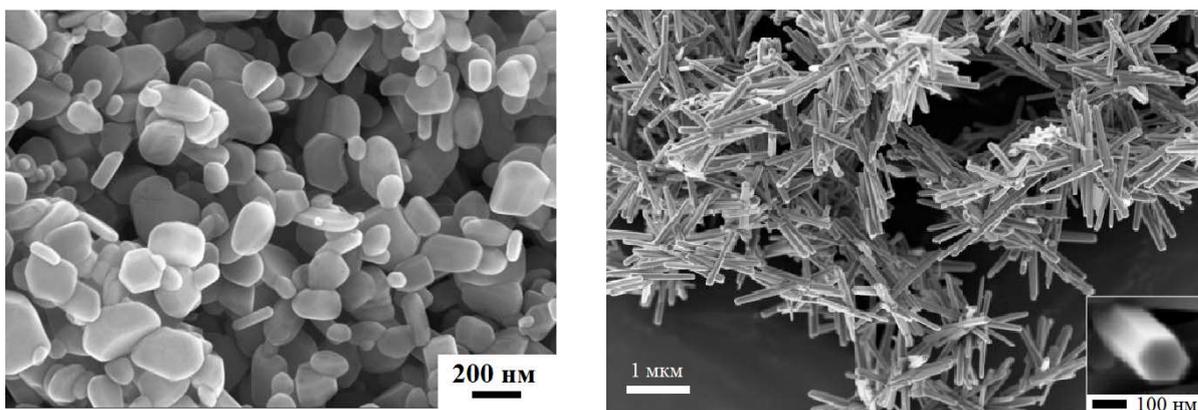
По химическому составу НЧ различают углеродные (например, фуллерены [11], углеродные нанотрубки [12]), металлические (металлы [13], их оксиды [14] и бориды [15]) и полимерные (хитозан [16], альбумин [17]).

По структуре различают НЧ монокристаллические (монокристалл Fe_2O_3 [18], монокристаллические частицы CsTaWO_6 [19]), полимикроморфные (поликристаллический наноалмаз [20], НЧ NiFe_2O_4 [21]), аморфные (НЧ Cr_2O_3 [22], НЧ MgNO_3 [23]), наноконпозиционные (НЧ зеин-шеллака [24], магнитные композитные НЧ оксида железа [25]), дендримеры (альгинатные гибридные НЧ [26], дендритное золото [27]).

По размерности различают нульмерные (D0, квантовые точки [28], наночастицы [13]), одномерные D1, (нанопроволоки [29], нанотрубки [12]), двумерные (D2, нанопленки [30]) и трехмерные (D3, нанокластеры [31]).

По морфологии НЧ бывают с низким соотношением сторон (сферические [32], пирамидальные [33], кубические [34] и др.) и НЧ с высоким соотношением сторон (нанопроволоки [35], наноспираль [36], нанотрубки [37] и др.) [38-39].

НЧ ZnO относят к классу металлических частиц, но формы (рис.1.1) и размер частиц могут отличаться [40-41].



(а)

(б)

Рисунок 1.1. Изображения НЧ ZnO а) в виде сфер ZnO с размерами 150...200 нм [40] и б) гексагональных призм с шириной 50...150 нм [41].

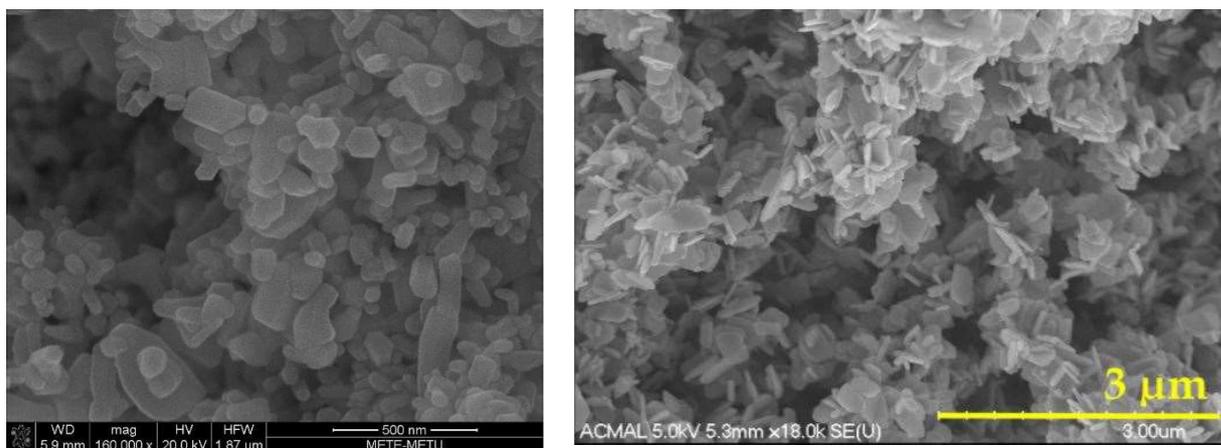
1.1.2. Получение наночастиц ZnO

Методы получения НЧ очень разнообразны и зависят от свойств, которыми должны обладать частицы. Условно их делят на физические, химические и биологические. Физические методы получения основываются на дроблении объемного металла, обычно в токе инертного газа. Однако данный способ получения является дорогостоящим и не решает проблему стабилизации НЧ [42]. Химические методы основаны на восстановлении ионов металлов до атомов с последующей контролируемой агрегацией до нужного размера. Как правило, химические процессы выполняются быстро, и они считаются экономически выгодными процессами. Недостатком данного метода является нахождение восстановителя, природа которого влияет на чистоту получаемых НЧ [43]. Биологические методы основаны на синтезе наноматериалов при помощи различных природных объектов, таких как листья растения, бактерии, грибы, водоросли и др. [44]. Обычно эти методы одноэтапные и экологически чистые, что является их несомненным преимуществом.

Для получения НЧ ZnO применяют физические, химические и экологические методы получения.

Золь-гель метод представляет собой создание раствора с последующим перемешиванием при помощи магнитной мешалки, прокаливание в течение нескольких часов и измельчение. Данный способ приготовления НЧ позволяет получать легированные и нелегированные НЧ ZnO для различных применений, так были получены частицы ZnO с размером 60-120 нм [45] (рис.1.2а).

Гидротермальный метод является многообещающим методом синтеза высокочистых материалов с контролем гомогенного состава без необходимости процессов высокотемпературного прокаливания и дробления, что позволяет экономить как энергию, так и затраты. Относительно легко контролировать чистоту, состав, размер и форму кристаллов порошка. Таким образом, были получены НЧ ZnO с размерами 35 нм (рис.1.2б) [46]. Также при помощи этого метода были синтезированы наностержни ZnO, имеющие длину около 100 нм и диаметр 10...15 нм [47].



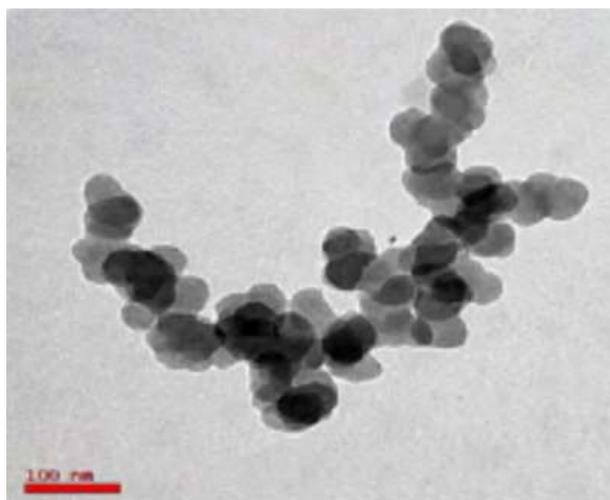
(а)

(б)

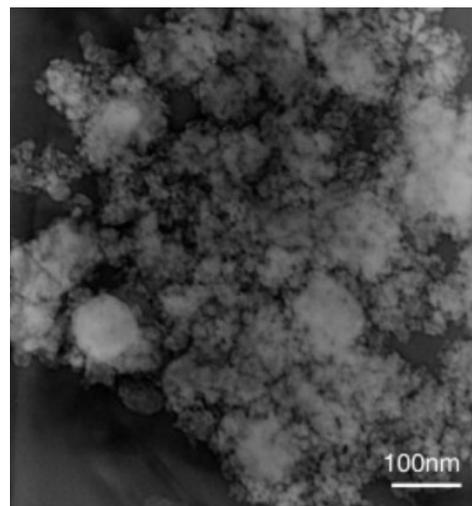
Рисунок 1.2. Изображение НЧ ZnO, синтезированных а) золь-гель методом [45] и б) гидротермальным методом [46].

В работе [48] изготовили НЧ ZnO с размером 16...60 нм посредством жидкофазного процесса. НЧ ZnO (вюрцит) с размером 10-50 нм также были синтезированы путем абляции порошков цинка, диспергированных в воде, с использованием импульсного лазерного луча [49].

Помимо физического и химического методов синтеза НЧ ZnO в современном мире разрабатывают и экологические методы. Так в [14] предлагают синтезировать НЧ ZnO с размером 10...100 нм (рис. 1.3а) при помощи экстракта сосновых шишек (*Pinus densiflora*), проводя восстановление нитрата цинка основными фитохимическими веществами, присутствующими в экстракте молодой шишки, которые необходимы для легирования ионов переходных металлов с образованием нанокристаллов ZnO.



(а)



(б)

Рисунок 1.3. Изображение НЧ ZnO, синтезированных а) при помощи экстракта сосновых шишек [14] и б) микроволновой плазмой в жидкости [50]

В другой работе [51] предлагают синтез НЧ ZnO (вюрцита) с размером 25...40 нм с использованием растительного экстракта, при котором ацетат цинка восстанавливали с помощью основного водного раствора экстракта листьев *Costus igneus* Nak (спиральный флаг). Осадок собирали центрифугированием с последующим промыванием в дистиллированной воде и этаноле.

НЧ эффективно синтезируются микроволновой плазмой в жидкости, так были получены частицы ZnO с размерами 50...100 нм (рис. 1.3б) при помощи микроволновой печи 250 Вт [50]. Для проведения эксперимента использовали коаксиальный электрод, состоящий из цинкового внутреннего электрода, тефлонового покрытия и латунного внешнего электрода. Кроме того, на коаксиальный электрод закрепляли латунный диск, к которому прикреплена

цинковая пластина, обращенная к коаксиальному электроду. Плазма генерировалась в жидкости объемом 100 мл вокруг кончика внутреннего электрода при 20 кПа с помощью микроволновой печи в течение 30 с. Ещё одним методом синтеза НЧ является метод микроволнового плазменного химического осаждения. В работе [52] таким методом были выращены нанонейлоны оксида цинка с размерами от 25 до 450 нм, широкое распределение размеров обуславливается образованием кислородных вакансий.

1.1.3. Применение наночастиц ZnO

НЧ ZnO обладают уникальными структурными, оптическими, электронными и химическими свойствами, отличающимися от объемного аналога [53]. Из-за его превосходных свойств, таких как низкая стоимость, доступность, хорошая стабильность вместе с превосходными физическими свойствами, включая высокую оптическую прозрачность, высокую подвижность электронов, широкую прямую запрещенную зону (~3,37 эВ в объеме) и большую энергию связи экситонов (~60 мэВ), ZnO считается одним из наиболее перспективных материалов для широкого спектра текущих и потенциальных применений [41].

НЧ ZnO перспективны для изготовления оптоэлектронных, пьезоэлектрических и фотохимических материалов [49]. Оптоэлектронная технология использует преимущества НЧ ZnO для изготовления таких устройств, как светоизлучающие диоды, лазеры, солнечные элементы, полевые дисплеи [45], а также для изготовления датчиков и биомедицинских приборов [54].

НЧ ZnO, синтезированные методом совместного осаждения поверхностно-активного вещества с увеличением температуры реакции, показывают высокую проводимость, высокую диэлектрическую постоянную и высокие диэлектрические потери с уменьшением размера частиц. Такие

частицы могут быть использованы при изготовлении наноэлектронных устройств, датчиков, преобразователей, диэлектриков и др [55].

Благодаря фотокаталитическим и антибактериальным свойствам НЧ ZnO активно внедряются в состав солнцезащитных и косметических средств [5], детских присыпок, шампуней от перхоти и антисептических кремов [46].

Актуально применение НЧ ZnO для защиты окружающей среды от антропогенного воздействия. Так, в работе [56] обнаружено, что эффективность удаления фенола НЧ ZnO из сточных вод достигает 82%.

Существующие физические и химические свойства оксида цинка можно эффективно адаптировать путем легирования подходящего элемента в матрицу, что значительно расширяет диапазон возможных применений [53]. Так в работе [57] предлагают способ легирования НЧ ZnO железом для покрытия кремниевых солнечных элементов. Данный метод позволяет улучшить эффективность поглощения солнечных лучей на 30%. В другой работе [58] предлагают легировать НЧ оксида цинка кобальтом для усиления оптических и магнитных характеристик. По мнению авторов, такие НЧ найдут свое применение в спинтронике, оптоэлектронике и фотокатализаторах.

1.2. Свойства наночастиц в гидросфере

1.2.1. Влияние наночастиц на гидробионты

НЧ могут выделяться в гидросферу случайно в результате антропогенной деятельности или преднамеренно при их применении для восстановления грунтовых вод и разложения почвы и управления сточными водами [59]. В водных средах для НЧ ZnO наблюдается токсический эффект для гидробионтов (табл.1.1), что сопровождается накоплением цинка в водных организмах [60] и снижением их жизнеспособности [61], а также подавлением роста гидрофитов [8]. При этом поведение НЧ зависит от множества факторов, таких как концентрация НЧ [8], вид растения [62], наличие органического вещества в водной среде [6, 63] и др. При этом отмечается снижение хлорофилла в растениях, что подавляет их рост.

Таблица 1.1. Влияние НЧ на гидробионты

Наночастицы	Условия эксперимента	Основные результаты	Ссылка
<p>ZnO Sigma-Aldrich Co. (США) 50 нм 10...100 мг/л</p>	<p>Креветки (n = 400) Температура воды: 28 ± 2 °С В воде [O₂] = 7 ± 1 мг/л [N] = 0,3 мг/л</p>	<p>- При [ZnO]=100 мг/л маточное стадо не нерестились, а при 50 мг/л креветки нерестились, но после вылупления все личинки оказались нежизнеспособными. - С увеличением [ZnO] сухая масса личинок и переменные выживания личинок были заметно меньше, чем эти значения для контрольной группы. - В контрольной группе доля жизнеспособных яиц и масса яиц составляли 97 % и 26 мкг, в то время как при 50 мг/л, значения этих переменных составляли 23 % и 19 мкг, соответственно</p>	<p>[61]</p>
<p>ZnO Sigma-Aldrich Sweden АВ (Стокгольм, Швеция) 30 нм Гидродинамический размер ~817 нм ξ-потенциал -9,6 мВ 10 и 100 мкг/л</p>	<p>Голубые мидии (<i>Mytilus edulis</i>) Искусственная морская вода (соленость 15) Зимой: 10 °С Летом: 15 °С</p>	<p>- Воздействие [НЧ] =100 мкг/л увеличивало смертность гемоцитов мидий независимо от температуры или времени года. Несмотря на повышенную смертность, общее количество гемоцитов не изменилось. - Обнаружено значительное снижение адгезии гемоцитов у озимых мидий при [НЧ]=100 мкг/л). - Воздействие 10-100 мкг/л стимулировало фагоцитоз в гемоцитах. Иммунная система мидий может распознавать НЧ как чужеродные материалы, что приводит к усилению фагоцитоза.</p>	<p>[64]</p>
<p>ZnO 3302 Twig Leaf Lane (Хьюстон, США) 26 нм 100 мг/л</p>	<p>Черная рыба (<i>Sapoeta fusca</i>) n=150 [ZnO] = 0,04 мг/л и 0,09 мг/л pH = 7,8 ± 0,3 [O₂] = 6,5 ± 0,4 мг/л t = 22,7 ± 2 °С</p>	<p>- После 7-дневного воздействия всех [НЧ] накопление Zn в различных тканях было следующим: кишечник > жабры > почки > печень. В кишечнике содержался самый высокий уровень Zn 1,47 и 1,71 мг/кг для концентраций 0,04 и 0,09 мг/л,</p>	<p>[60]</p>

		соответственно (в контрольной группе 0,16 мг/кг). - Zn, полученный в результате воздействия НЧ, накапливается в различных тканях организма за период воздействия до уровней примерно в 7-12 раз выше, чем уровни Zn, встречающиеся в контрольных организмах.	
ZnO Sigma Aldrich (США) 69 нм	Амазонская черепаха (<i>Podocnemis expansa</i>) 30 мальков [ZnO]= 440 и 440*10 ³ мкг/кг t = 24 °С	- При воздействии НЧ наблюдались аномалии эритроцитов, включая микроядерные, двуядерные и безъядерные эритроциты в дополнение к пузырьчатым или симметричным/асимметричным и эритроцитам с подвижными ядрами. - Эритроциты с большей площадью и периметром наблюдались у черепах, подвергшихся воздействию НЧ (440 мкг/кг), тогда как площадь и периметр ядер были меньше у моделей, подвергшихся наибольшей дозе. - НЧ ZnO вызывают мутагенные и цитотоксические повреждения у <i>P. expansa</i> даже в низких дозах при кратковременном воздействии.	[65]
ZnO Plasmachem GmbH (Германия) Cu ЮLiTecGmbH (Германия) Сферические, 25 нм	Большая дафния (<i>Daphnia magna</i>) [ZnO] = 0,5...100 мг/л [Cu] = 0,01...7 мг/л Природное растворенное органическое вещество (РОВ) реки Суванни: 0...20 мг/л	- Острая токсичность НЧ Cu выше, чем у НЧ ZnO - При увеличении [РОВ] (1...20 мг/л) токсичность НЧ Cu снижалась, тогда как для НЧ ZnO возрастала смертность особей - Совместное токсическое действие НЧ Cu и ZnO было выше, чем действие этих частиц отдельно. - Присутствие РОВ значительно увеличивало накопление НЧ в <i>D. magna</i> , при их совместном воздействии.	[66]
ZnO Метод химического соосаждения 65 нм	<i>Allium cepa</i> [ZnO] = 0...100 мкг/мл	- НЧ ZnO были токсичны для клеток корней <i>A. cepa</i> , но наблюдалась низкая токсичность в клетках корней	[67]

	<p>Бычий сывороточный альбумин (БСА): 100 мкг/мл <i>P. aeruginosa</i> и <i>S. aureus</i> Сине-зеленые водоросли (<i>C. pyrenoidosa</i>) <i>Daphnia</i> sp. [ZnO] = 0...25 мг/л</p>	<p>для НЧ ZnO обработанных БСА - В отсутствие БСА НЧ проявляли 99 % токсическое действие на оба штамма бактерий при концентрации 25 мг/л. При 0,1 мг/л уровень токсичности НЧ чистого ZnO достигал 54 и 42 % в отношении <i>P. aeruginosa</i> и <i>S. aureus</i> соответственно. НЧ, покрытые БСА, показали значительное снижение антибактериальной активности. - Присутствие БСА значительно снизило токсичность НЧ ZnO для водорослей. Так в концентрации НЧ 0,1 мг/л на 7-й день токсичность составила 20%, тогда как в присутствии БСА – 2 %. - Токсичность чистого ZnO в концентрации 0,1 мг/л против <i>Daphnia</i> sp. составила 39 %, а в концентрации 25 мг/л – 99%. В присутствии БСА, токсичность составила 12 % и 57 % при 0,1 и 25 мг/л НЧ ZnO соответственно.</p>	
<p>ZnO Sigma-Aldrich ≤ 100 нм</p>	<p>Микроводоросли (<i>Coelastrrella terrestris</i>) pH 7,4 t = 25 ± 1° C [ZnO] = 0,1...1 мг/л</p>	<p>- Увеличение концентрации НЧ ZnO приводит к увеличению токсичности. Было обнаружено снижение скорости роста на 54 % при концентрации НЧ 1 мг/л - Наблюдалось снижение содержание хлорофилла после воздействия [НЧ] 0,5 и 1 мг/л. При самой низкой [НЧ] (0,1 мг/л) не было обнаружено значительных изменений хлорофилла. - НЧ ZnO покрывают большую площадь поверхности клетки водоросли, образуя крупные агрегаты, и останавливают обмен между клеткой, средой и светом.</p>	<p>[8]</p>
<p>ZnO</p>	<p>Подводное растение (<i>Hydrilla verticillata</i>)</p>	<p>- <i>H. Verticillata</i> демонстрировала значительно</p>	<p>[62]</p>

<p>Sigma-Aldrich (Великобритания) <50 нм >10,8 м²/г</p>	<p>Надводное растение (<i>Phragmites Australis</i>) [ZnO] = 0,01...1000 мг/л t = 24 °С</p>	<p>сниженный рост на ранних стадиях эксперимента при воздействии самой высокой [НЧ] (1000 мг/л). К пятой неделе воздействия рост был аналогичен росту при других обработках.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>P. australis</i>, подвергшийся воздействию 1000 мг/л, демонстрировал полное ингибирование роста через 5 недель. Растения, подвергшиеся воздействию [НЧ]=100 мг/л, демонстрировали снижение роста через 4 недели. - <i>H. verticillata</i>, подвергнутая воздействию [НЧ]=100 мг/л, показала значительно более высокое содержание хлорофилла на 5-й неделе. В течение первых 3 недель эксперимента содержание хлорофилла <i>P. australis</i> не показало существенных различий, за исключением растений, обработанных 1000 мг/л НЧ, которые стали блеклыми и желтоватыми. 	
<p>ZnO Aipurui Co., Ltd. (Китай) 25 нм 90 м²/г</p>	<p>Водное растение <i>Salvinia natans</i> pH = 6,5 ± 0,2 [ZnO] = 1, 10, 20 и 50 мг/л</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Никаких существенных различий в росте растений не наблюдалось между всеми обработками НЧ ZnO - Содержание хлорофилла уменьшалось с увеличением дозы НЧ ZnO. Содержание хлорофилла в растениях при 50 мг/л НЧ ZnO составляло примерно 2,57 мг/г (60 % от контроля). - Показано, что 50 мг/л НЧ ZnO могут вызывать окислительный стресс у <i>S. natans</i> и подавлять фотосинтетические пигменты. Однако существенного влияния на рост растений это не оказывает. - Отмечено, что НЧ ZnO адсорбируются на корнях и происходит накопление Zn в растениях. 	<p>[68]</p>

<p>TiO₂ 25 и 100 нм ZnO 50 и 100 нм Sigma-Aldrich</p>	<p>Водные растения <i>Salvinia natans</i> и <i>Elodea canadensis</i> [НЧ] = 0,1...1 г/л [Zn²⁺/Sr²⁺] = 0,01 мг/л</p>	<p>- НЧ TiO₂ (100 нм), ZnO (50 и 100 нм) снижали биоаккумуляцию Sr в растениях на 38 и 48 % соответственно при концентрации НЧ 1 г/л - Более низкая концентрация НЧ (0,1 г/л) не повлияла на биоаккумуляцию Sr - Наблюдалось снижение биоаккумуляции Zn у <i>E. canadensis</i> при НЧ ZnO, тогда как для НЧ TiO₂ (100 нм) никакого эффекта не было - Увеличение биоаккумуляции Zn на 92 и 45 % наблюдалось у <i>S. natans</i> при добавлении НЧ ZnO 50 и 100 нм соответственно</p>	<p>[69]</p>
--	---	--	-------------

1.2.2. Агрегация наночастиц в водных суспензиях

Литературный обзор показал, что коллоидные свойства НЧ зависят от размера, концентрации и формы самих НЧ (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Влияние характеристик НЧ на их коллоидные свойства

Наночастицы	Условия эксперимента	Основные результаты	Ссылка
<p>TiO₂ НЧ 25 нм TiO₂ Нанотрубки (НТ) Диаметр: 9-10 нм внешний 1-2 нм внутренний Длина: 0,1- 0,2 мкм</p>	<p>pH= 2...10 Измерение ξ- потенциала в зависимости от</p>	<p>- НЧ При pH=2 ξ- потенциал>0 и достигал максимума - При pH 6,2 ξ-потенциал= 0, тогда как для НТ при pH=3,2 - Для НЧ ξ-потенциал уменьшался в ряду pH 9 > 3 > 7 > 5, для НТ ξ-потенциал уменьшался в ряду pH 9 > 7 > 5 > 3.</p>	<p>[70]</p>
<p>ZnO 20 нм (UniRegion Bio- Tech, Тайвань) ZnO 9 нм (золь-гель метод) ZnO 68 нм</p>	<p>[ZnO-20] = =10...100 мг/л [ZnO-9] =100 мг/л [ZnO-68] = =100 мг/л pH=8,5</p>	<p>- Средний диаметр ZnO-20 составлял 17 мкм при концентрации 10 мг/л и более 17 мкм при концентрации 100 мг/л. Средний диаметр был постоянным при 10 мг/л, но не при 100 мг/л в течение 5-часового наблюдения - Средний диаметр ZnO-9 распределялся от 6 до 20 нм в исходной суспензии. Однако</p>	<p>[9]</p>

(Sigma-Aldrich, США)	Измерение размера частиц Zetasizer Nano ZS (Malvern, MA) при 25 °С с лазерным лучом на длине волны 633 нм	образовывал более крупные агрегаты (113 нм) при дальнейшем разбавлении в 60 раз до 100 мг/л. Размер агрегатов постепенно увеличивался до микрометра через 3 дня хранения. - Частицы ZnO-9 и ZnO-68 легко образовывали крупные агрегаты, и их размеры резко менялись при разбавлении до <10 мг/л.	
TiO ₂ Анатаз 5, 10 и 50 нм Рутил 10×40 нм	[TiO ₂] = 20 мг/л УЗ 1 ч рН = 7 t = 30 дней [NaCl] = 5 мМ	- Анатаз размером 5 нм постепенно оседал в течение одного месяца, конц. в жидкой фазе составляла 27,8% от исходного значения - Анатаз 10 нм оседал с наибольшей скоростью, концентрация НЧ составляла 4% от исходной конц. на 4-й день - Концентрации для 10×40 рутил и 50 нм анатаз оставались почти постоянными (около 95%) в течение всего периода испытаний - В 5 мМ растворах NaCl при нейтральном рН большая часть НЧ анатаза размером 5 и 10 нм оседала через 4 дня. - Конц. рутила 10×40 нм снизилась до 4 % за 3 недели, а НЧ анатаза размером 50 нм – до 27 % за один месяц.	[71]

Помимо влияния характеристик НЧ на коллоидные свойства оказывают влияние и внешние факторы, такие как ионная сила и рН раствора, время выдерживания частиц, наличие растворенных органических веществ (РОВ) и др. (табл. 1.3).

Таблица 1.3. Влияние внешних факторов на коллоидные свойства НЧ

Наночастицы	Условия эксперимента	Основные результаты	Ссылка
TiO ₂ анатаз 5 нм 0,5 г/см ³	Фильтрованная речная вода (рН= 7,8) [TiO ₂] = 10...100 мг/л [CaCl ₂] = 2,75 мМ	- Иллит и НЧ TiO ₂ имеют отрицательный поверхностный заряд	[72]

	<p>[Фульвокислота]= 2,5...10 мг/л (реки Суванни) [Иллит]= 25 мг/л 30 мин</p>	<p>во всем диапазоне тестируемых значений рН</p> <ul style="list-style-type: none"> - В воде без CaCl₂ добавление фульвокислот в концентрациях до 4,62 мг/л не оказывало влияния на агрегацию TiO₂ - В речной воде без CaCl₂ наблюдалось уменьшение размеров агрегатов TiO₂ при добавлении фульвокислот во всех исследованных концентрациях. При добавлении в речную воду CaCl₂ эффекта от фульвокислот не наблюдалось. - В речной воде без CaCl₂ при рН 8, размеры агрегатов иллита и TiO₂ не изменились. 	
<p>TiO₂ НЧ 25 нм</p> <p>Нанотрубки (НТ) Диаметр: 9-10 нм внешний 1-2 нм внутренний Длина: 0,1-0,2 мкм</p>	<p>Гуминовые кислоты (ГК) Elliott Soil (ГК_e) и реки Суванни (ГК_c) [ГК] = 10...60 мг/л рН = 3...10</p>	<ul style="list-style-type: none"> - При рН = 6,5 диаметр НЧ TiO₂ уменьшался с увеличением [ГК_e], НЧ TiO₂ становились трудно агрегируемыми и сохранялись во взвешенном состоянии. - Для НТ TiO₂ диаметр незначительно увеличивался с увеличением [ГК]. При [ГК_e]= 40 мг/л размер НТ TiO₂ был небольшим, что приводило к стабильной суспензии. - По сравнению с НЧ TiO₂, скорость седиментации НТ TiO₂ была намного 	[70]

		<p>выше при одной [ГК_e].</p> <p>- Как ГК_e, так и ГК_c могут улучшить характеристики суспензии НЧ и НТ TiO₂, при этом первый оказывает более сильное влияние, особенно на НТ TiO₂</p>	
<p>ZnO (вюрцит) 30-50 нм 10 мг/л</p>	<p>Гуминовая кислота (ГК) Альгинат натрия (АН) 0...9,0 мг/л MQ вода (18,2 MΩ/cm) pH=7 и 8 I=0,01 M УЗ 5 мин</p>	<p>-С увеличением [ГК] и [АН] от 0 до 9 мг/л ξ-потенциал уменьшался от 16,6 до 2,9 и 4,9 мВ для ГК и АН, соответственно, а диаметр увеличивался от 439 нм до 657 и 628 нм, соответственно для ГК и АН. Увеличение [ГК] и [АН] ускоряет агрегацию НЧ.</p> <p>-НЧ ZnO склонны к агрегации при более высоких [ГК] и [АН], что согласуется с измерениями размера частиц. При этом скорость седиментации в среде с АН при всех концентрациях выше.</p>	[6]
<p>ZnO с различными покрытиями (метод химического соосаждения) Покрyтия: поливинилпирролидон ((C₆H₉NO)_n); поливиниловый спирт ((C₂H₄O)_x); Этиленгликоль (C₂H₆O₂) [ZnO]= 50 мг/л</p>	<p>Гуминовая кислота (ГК) [ГК]=100 мг/л pH=7 I= 0,75 мМ</p>	<p>- Для всех частиц взаимодействие с ГК значительно уменьшало размер частиц при 0 и 4 ч.</p> <p>- Дезагрегация может быть связана с адсорбцией ГК.</p> <p>- Усиление агрегации на 24 и 72 ч без ГК</p> <p>- Взаимодействие ГК с ZnO уменьшило размер и повысило</p>	[63]

		стабильность всех частиц.	
<p>ZnO 30 нм [ZnO]= 10 мг/л Shanghai Aladdin Biochemical Technology Co., Ltd.</p>	<p>NaCl KCl CaCl₂ MgCl₂ I=0...1000 мМ При I= 0,01 М влияние рН=4...10 При рН=7 влияние Na⁺, K⁺, Mg²⁺ и Ca²⁺</p>	<p>-При увеличении рН от 4 до 10 увеличивалась скорость агрегации НЧ -При рН=10 размер НЧ меньше, чем при рН=9. -Влияние катионных частиц (Na⁺, K⁺, Mg²⁺ и Ca²⁺) на агрегацию НЧ ZnO можно разделить на два этапа. На первом этапе НЧ стабильны при [Na⁺ и K⁺] = 10 мМ. -Двухвалентные катионы Mg²⁺ и Ca²⁺ незначительно влияли на агрегацию. -На втором этапе с увеличением I от 10 до 1000 мМ НЧ агрегировали при всех видах катионов. -Влияние катионов металлов на агрегацию НЧ следует в порядке убывания Ca²⁺> Mg²⁺> K⁺> Na⁺.</p>	[73]
<p>ZnO 20 нм (UniRegion Bio-Tech, Тайвань)</p> <p>ZnO 9 нм (золь-гель метод)</p> <p>ZnO 68 нм (Sigma-Aldrich, США)</p>	<p>NaCl CaCl₂ Na₂SO₄ 0...200 мэкв/л рН=8,5 25 °С [ZnO-20] = 10 мг/л [ZnO-9] =100 мг/л [ZnO-68] =100 мг/л</p>	<p>- При добавлении NaCl и CaCl₂ агрегаты образовывались через одно время независимо от ионной силы - Без электролита в 10 мэкв/л CaCl₂: ZnO-20 агрегировал в микроагрегаты через 160 мин. -для «+» заряженного ZnO-9 в NaCl и CaCl₂ в течение 40 мин при 30 мэкв/л NaCl, НЧ</p>	[9]

		<p>агрегировали до микроразмеров, тогда как уже в 20 мэкв/л CaCl_2, приводили к такому же результату;</p> <p>-В 50 мэкв/л обоих электролитов скорость агрегации в CaCl_2 была в 3 раза быстрее, чем в NaCl.</p> <p>-Ускорение агрегации ZnO-9 и ZnO-20 в Na_2SO_4.</p> <p>-В 0,3 мэкв/л Na_2SO_4 образуются микроагрегаты.</p>	
<p>TiO_2 ~21 нм Aerioxide (Германия)</p>	<p>Додецилбензолсульфонат натрия (Сульфонол) Бычий сывороточный альбумин (БСА) α-амилаза Натрий альгиновой кислоты CaCl_2 и NaCl $\text{pH}=2\dots 11$ УЗ 30 мин Режим пониженной концентрации (<10 мМ) Режим повышенной концентрации (> 100 мМ).</p>	<p>- Скорость агрегации НЧ максимальна (>1200 нм) при $\text{pH}=6$ в отсутствие РОВ.</p> <p>- В присутствии сульфонола при $\text{pH}=5$ значительная агрегация. Скорость агрегации снижается на 50%</p> <p>- Увеличение [электролита] привело к увел. скорости агрегации в низких конц. В повышенной конц. не наблюдалось значительного изменения.</p> <p>- При добавлении РОВ к суспензиям с различными $[\text{NaCl}]$ замедлялась скорость агрегации.-ослабление агрегации в ряду БСА >НО10ФА> альгинат> сульфонол> α-амилаза.</p> <p>- Влияние Ca^{2+} и Na^+ с РОВ аналогично. Однако была усиленная</p>	[74]

		агрегация НЧ в присутствии альгината и HO10FA в режиме повышенной конц.	
TiO ₂ суспензия стабилизатором Размер частиц суспензии 52 нм Conyuan Biochemical Technology Co., Ltd. (Тайвань)	[TiO ₂] = 200 мг/л pH = 3-4 ГК реки Суванни 0...50 мг/л NaCl 0...500 мэкв/л	- ζ-потенциал уменьшался с увелич. pH, pH _{IEP} =6. - Крит. концентрации агрегации и седиментации составляли около 100 и 200 мэкв/л NaCl - При высоких [NaCl]= 200...500 мэкв/л быстрая агрегация - Агрегаты НЧ суспендированы в растворе без осаждения в течение 40 мин - При низкой [ГК]<10 мг/л размер НЧ < 100 нм, но значительно увел. при [ГК] = 20 мг/л. - Уменьшение размера НЧ при [ГК]>25 мг/л. - Повторная стабилизация НЧ при [ГК]= 50 мг/л - В отличие от NaCl (> 5000 мг/л) для дестабилизации НЧ ГК не требует высоких концентраций (> 10 мг/л)	[75]

1.3. Постановка задач исследования

Проведенный в работе литературный обзор показал, что НЧ ZnO имеют широкие перспективы применения для опто- и пьезоэлектроники, фотохимической отрасли, фармацевтической и косметической промышленности. При этом НЧ производятся самыми разными методами в зависимости от желаемых конечных свойств. Большой спрос на НЧ ZnO и рост

их производства привели к возникновению большого числа источников попадания НЧ в водные горизонты окружающей среды. Показано, что НЧ ZnO могут быть токсичными для водных организмов в определенных условиях, зависящих от коллоидных свойств частиц. Также показано, что на коллоидные свойства НЧ влияют размер, морфология и концентрация частиц, pH, ионная сила и природа органических веществ. При этом имеющихся данных недостаточно для прогнозирования даже коллоидного поведения НЧ в водной среде.

Целью выпускной квалификационной работы являлось определение влияния размера наночастиц и концентрации гуминовых кислот на коллоидные свойства промышленных наночастиц ZnO в водных суспензиях.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- провести дисперсионный анализ НЧ ZnO методами просвечивающей электронной микроскопии и низкотемпературной адсорбции азота;
- определить влияние размера НЧ ZnO и концентрации гуминовых кислот на коллоидные свойства НЧ в водных суспензиях методами спектрофотометрии и динамического рассеяния света.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ02	Юдникова Арина Александровна

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских научных публикациях, аналитических материалах
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Предпроектный анализ: потенциальных потребителей, SWOT-анализ, готовность к коммерциализации, определение методов коммерциализации
2. Определение альтернатив исследований	Проведение анализа конкурентных решений
3. Планирование процесса управления НИТ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение заинтересованных сторон, целей, требований, рабочей группы и ограничений. Составление иерархической и организационной структуры, календарного плана, бюджет, плана коммуникаций, реестра рисков
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности по коммерческой услуге – проведение лабораторией платной услуги по экологической оценке наночастиц

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Карта сегментирования рынка, Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений, Матрица SWOT, Оценка степени готовности к коммерциализации, Инициация проекта, Иерархическая структура работ, Календарный план проекта, Диаграмма Ганта, Таблицы проведения и бюджет, План управления коммуникациями, Таблицы рисков проекта, Расчёт денежных потоков, график расчета ВНД, Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Профессор отделения социально-гуманитарных наук	Гасанов М.Али оглы	д.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ02	Юдникова А.А.		

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа «Особенности агрегации наночастиц оксида цинка в поверхностных водах» посвящена изучению влияния концентрации гуминовых кислот, размера и форм наночастиц (НЧ) оксида цинка на дисперсионные (размер и заряд) и седиментационные (скорость осаждения) свойства промышленных наночастиц ZnO в водных суспензиях с применением методов просвечивающей электронной микроскопии, спектрофотометрии и динамического рассеяния света.

Эксперименты включали приготовление растворов гуминовых кислот и суспензий наночастиц. Суспензии НЧ ZnO перемешивались ультразвуковой ванной. Дисперсионные свойства наночастиц оценивали методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) и динамического рассеяния света. Седиментационные свойства – спектрофотометрией.

Методика ВКР позволяет исследовать влияние гуминовых кислот на наночастицы и, соответственно, прогнозировать их загрязняющее влияние на почву и воду.

Области применения ВКР: химические методы анализа наночастиц востребованы для исследовательских, химических, экологических лаборатории, компаний, работающих с наноматериалами.

Цель этого раздела – оценка коммерческой ценности, перспективности проектируемой методики анализа влияния гуминовых кислот на наночастицы. Ценность разрабатываемой методики определяется конкурентоспособностью на рынке услуг анализа, востребованностью, бюджетом разработки.

В разделе решаются задачи: предпроектный анализ, инициация проекта, планирование управления проектом, определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности.

В настоящем разделе ВКР представлены предпроектный анализ, инициация проекта, планирование управление научно-техническим проектом,

определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

4.1. Предпроектный анализ

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Научно-исследовательская работа ВКР, заключающаяся в разработке методики исследования агрегационных и седиментационных свойств НЧ ZnO в растворе гуминовых кислот, имеет целевой рынок в виде университетских и нанопроизводственных лабораторий. К результатам проекта могут прибегать лаборатории, участвующие в НИОКР в вузах (ТПУ), химические лаборатории (ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Томской области»), компании синтезирующие наночастицы, для контроля их дисперсионных свойств (Plasmotherm), в экологической безопасности наночастиц на почву (Центр химических экспертиз, г. Томск). Сегментирование целевого рынка происходит на: исследовательские, химические, нанотехнологические (синтез наночастиц), экологические лаборатории по изучению наночастиц (табл. 4.1).

Таблица 4.1. Карта сегментирования рынка лаборатории

		Методы исследования свойств наночастиц					
		Просвеч. электрон. микроскопия	Динамич. рассеяние света	Спектро-фотомерия	Атомно-силовая микроскопия	Рентгено-структурный анализ	Масс-спектрометрия
лаборатории	Исследователь						
	химические						
	компании синтез. НЧ						
	экологические						
		ТПУ	ФБУЗ	Plasmotherm		Центр химических экспертиз	

По карте сегментирования видно, что существует спрос на относительно простые и распространенные методы динамического рассеяния света и

спектрофотометрии. Это направление имеет вакантные места и привлекательно для проекта в рынках вузовского исследования и экологического контроля.

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных решений заключается в анализе научных исследований в области дисперсионных и седиментационных свойств НЧ в гуминовых кислотах. Сравнительная эффективность основывается на: простоте методики, валидности и широте результатов, сложности и дороговизне оборудования. Для анализа конкурентных решений были подобраны следующие научные статьи:

1) Исследование агрегации НЧ ZnO в растворе гуминовой кислоты [79]. В работе применен метод динамического рассеяния света, проведена ультразвуковая обработка. Суммарное время анализа $\approx 2,5$ ч, что позволяет получить 1 результат. Оборудование – 3 шт.

2) Исследование агрегационного поведения НЧ и их биотоксичности [6]. Применены методы динамического рассеяния света, УФ- и флуоресцентной спектроскопии, проведено ультразвуковое воздействие. Суммарное время анализа ≈ 3 ч позволяет получить 1 результат. Оборудование – 5 шт.

3) Исследование взаимодействия гуминовой кислоты на агрегацию НЧ [80]. Применены методы динамического рассеяния света и флуоресцентной спектроскопии, УЗ обработка образца не проводилась. Суммарное время анализа ≈ 30 ч позволяет получить 1 результат. Оборудование – 2 шт.

Таким образом, возможно провести сравнительную оценку конкурентных технических решений (табл. 4.2).

Таблица 4.2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}	К _{к3}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
1. Повышение производительности труда пользователя	0,03	2	5	2	2	0,06	0,15	0,06	0,06
2. Удобство в эксплуатации	0,05	5	4	3	3	0,25	0,2	0,15	0,15
3. Помехоустойчивость	0,01	4	4	3	3	0,04	0,04	0,03	0,03
4. Энергоэкономичность	0,05	2	5	2	3	0,1	0,25	0,1	0,15
5. Надежность	0,06	4	4	4	4	0,24	0,24	0,24	0,24
6. Уровень шума	0,01	3	3	3	4	0,03	0,03	0,03	0,04
7. Безопасность	0,09	3	3	2	3	0,27	0,27	0,18	0,27
8. Функциональная мощность	0,05	3	2	4	3	0,15	0,1	0,2	0,15
9. Простота эксплуатации	0,1	4	4	3	3	0,4	0,4	0,3	0,3
10. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,03	4	4	5	4	0,12	0,12	0,15	0,12
Экономические критерии оценки эффективности									
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	3	5	4	0,4	0,3	0,5	0,4
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	2	1	3	2	0,08	0,04	0,12	0,08
3. Цена	0,08	3	3	2	3	0,24	0,24	0,16	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	4	4	4	4	0,36	0,36	0,36	0,36
5. Послепродажное обслуживание	0,06	4	3	4	3	0,24	0,18	0,24	0,18
6. Финансирование научной разработки	0,1	5	5	5	5	0,5	0,5	0,5	0,5
7. Срок выхода на рынок	0,03	3	3	4	3	0,09	0,09	0,12	0,09
8. Наличие сертификации разработки	0,02	4	4	4	5	0,08	0,08	0,08	0,1
Итого	1	63	64	62	61	3,65	3,59	3,52	3,46

Исходя из оценочной карты, конкурентоспособность у проекта наибольшая (К_ф 3,65). Это связано с простотой методики (3 ч.), с 3 получаемыми результатами, дешевизной аналитического оборудования (4 шт.). Перспективным оказалась разработка [6], ввиду широты научных результатов и функционала установок.

Таким образом, проект с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения актуален и конкурентоспособен.

4.1.3. SWOT-анализ

SWOT-анализ – это инструмент стратегического анализа проекта, заключающийся в исследовании неконтролируемых факторов внешней и внутренней среды проекта, его контролируемых сильных и слабых сторон [81]. Сильные и слабые стороны проекта, выявленные извне возможности и угрозы для реализации проекта представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3. Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность методики	Сл1. Сложность коммерциализации методики
С2. Валидность эксперимента	Сл2. Невысокая воспроизводимость методики
С3. Наличие бюджетного финансирования	Сл3. Потребность в большом количестве нанопрошка ZnO
С4. Дешевизна оборудования	Сл4. Большой срок поставок НЧ ZnO и комплектующих оборудования и инструментов
С5. Универсальность методики для наночастиц разной природы	Сл 5. Потребность в опасных химических веществах
Возможности	Угрозы
В1. Появление спроса на новую методику	У1. Отсутствие спроса на методику
В2. Упрощение работ, связанных с оценкой рисков нанотоксичности	У2. Развитая конкуренция методик, по данной теме
В3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции
В4. Рост применения наноматериалов в косметической промышленности	У4. Сложность закупки расходных нанопорошков
В5. Применимость методики в стандартных процедурах государственной оценки рисков наноиндустрии	

На втором этапе построены интерактивные матрицы возможностей и угроз (табл. 4.4, 4.5). Видны такие корреляции комплиментарных факторов: В1В2В5С1С2С5, В2В4В5Сл2, В2В3Сл5, У1У2С1С2С4С5, У1У2У3У4, У1У2Сл2, У3У4Сл3.

Таблица 4.4. Интерактивная матрица возможностей и сильных, слабых сторон

		Сильные стороны проекта					Слабые стороны проекта				
		С1	С2	С3	С4	С5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности проекта	В1	+	+	-	0	+	+	0	0	+	-
	В2	+	+	-	+	+	-	+	0	-	+
	В3	0	0	+	0	0	-	0	+	-	+
	В4	+	-	-	-	0	+	+	0	0	0
	В5	+	+	-	-	+	-	+	+	-	0

Таблица 4.5. Интерактивная матрица угроз и сильных, слабых сторон

		Сильные стороны проекта					Слабые стороны проекта				
		С1	С2	С3	С4	С5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы проекта	У1	+	+	-	+	+	+	+	-	-	0
	У2	+	+	-	+	+	+	+	-	-	0
	У3	-	-	+	-	+	+	-	+	-	0
	У4	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+

Результаты SWOT-анализа представлены в итоговой таблице 4.6.

Таблица 4.6. Анализ интерактивной SWOT-матрицы проекта

<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность методики</p> <p>С2. Валидность эксперимента</p> <p>С3. Наличие бюджетного финансирования</p> <p>С4. Дешевизна оборудования</p> <p>С5. Универсальность методики для наночастиц разной природы</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Сложность коммерциализации методики</p> <p>Сл2. Невысокая воспроизводимость методики</p> <p>Сл3. Потребность в большом количестве нанопрошка ZnO</p> <p>Сл4. Большой срок поставок НЧ ZnO и комплектующих оборудования и инструментов</p> <p>Сл 5. Потребность в опасных химических веществах</p>	
<p>Возможности</p> <p>В1. Появление спроса на новую методику</p> <p>В2. Упрощение работ, связанных с оценкой рисков нанотоксичности</p> <p>В3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В4. Рост применения наноматериалов в гигиенической промышленности</p> <p>В5. Применимость методики в стандартных процедурах государственной оценки рисков наноиндустрии</p>	<p>Направления развития</p> <p>В1В2В5С1С2С5. Методика выступает как простая экономичная воспроизводимая методика исследования свойств наночастиц в гуминовых кислотах. А также имеет перспективы замены на наночастицы иной природы. В современности наноматериалы активно внедряются в промышленность и регулируются в РФ.</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p>В2В3Сл5. Вуз обеспечивал необходимыми химическими веществами для разработки методики</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Отсутствие спроса на методику</p> <p>У2. Развитая конкуренция методик, по данной теме</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У4. Сложность закупки расходных нанопорошков</p>	<p>Угрозы развития</p> <p>У1У2С1С2С4С5. Методика не будет актуальна в методах химического анализа почвы и воды из-за недостаточной воспроизводимости, высоком потреблении ресурсов, особенно дорогих наночастиц, высокая себестоимость самой методики. Методика не выдержит конкуренции или не будет потребности в такой методике для лабораторий.</p>	<p>Уязвимости:</p> <p>У1У2У3У4Сл1. Методика попадает во множество требований безопасности, большее производство наночастиц – зарубежное. Методика имеет слабость в возможностях коммерциализации. У1У2Сл2. Конкурентоспособность методики ограничена ее научной воспроизводимостью. У3У4Сл3. Требуемые большие навески наночастиц удорожают закупку, требуют высоких мер безопасности</p>

Таким образом, SWOT-анализ проекта выделил научную перспективность методики исследования свойств наночастиц в гуминовых кислотах. Конкурентоспособность разрабатываемой методики напрямую

зависит от: точности, воспроизводимости, эффективности, научной результативности, применимости наночастиц другой природы и дешевизне НЧ ZnO и оборудования.

4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Готовность к коммерциализации проекта ВКР зависит как от проработанности научного исследования, так и от знаний разработчика. Балльная оценка степени готовности к коммерциализации представлена в таблице 4.7. Сумма баллов степени проработанности (45 баллов) показывает коммерческую перспективность выше среднего. Сумма баллов знаний разработчика (44 балла) – среднюю готовность к коммерциализации. Готовность проекта к коммерциализации выше среднего объясняется узкими границами научного результата проекта. Узкие границы проекта из-за лабораторной его реализации в области нанотехнологий и первоочерёдности физических параметров (агрегация, седиментация, адсорбция).

Таблица 4.7. Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№	Наименование	Степень проработанности научного проекта, балл	Уровень имеющихся знаний у разработчика, балл
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	2	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	2
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2

12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	45	44

4.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Проект имеет две важные сферы лабораторного воплощения: исследовательская и экологическая сфера, связанные свойствами наночастиц и их токсичностью, соответственно.

В исследовательских лабораториях проект может применяться в НИОКР, в вузовских отделениях материаловедения и нанотехнологий. В этом случае метод коммерциализации научных исследований, применяющих разрабатываемую методику – гранты, гос.финансирование.

Проект в экологических лабораториях может применяться для оценки экологической безопасности наночастиц. В этом случае метод коммерциализации – проведение платных услуг по экологической оценке.

Получение грантов в исследовательских лабораториях, использующих результаты проекта – самый реализуемый метод коммерциализации. Это связано с тем, что разрабатываемую методику легче использовать в научных некоммерческих исследованиях.

4.2. Инициация проекта

Инициация проекта требует формулирование устава проекта.

Устав научного проекта магистерской работы включает изначальные цели, критерии их достижения, фиксирует изначальные финансовые ресурсы, определяет заинтересованные стороны. Заинтересованные стороны (табл. 4.8) определены специализацией разрабатываемой методики – химический метод анализа наночастиц.

Таблица 4.8. Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
исследовательские, нано-производственные, экологические лаборатории	Методика исследования влияния наночастиц на экологию, Контроль свойств наночастиц.
Научный руководитель, магистрант	Выполненная выпускная квалификационная работа

Иерархия целей, критерии их достижения и требования к проекту представлено в таблице 4.9.

Таблица 4.9. Цели и результат проекта

Цели проекта:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провести литературный обзор на тему «Влияние абиотических факторов на стабильность наночастиц в водных средах» 2. Провести эксперимент по исследованию влияния концентрации гуминовых кислот на седиментационные свойства наночастиц ZnO 3. Показать влияние размера наночастиц ZnO на степень адсорбции гуминовых кислот с помощью УФ спектроскопии 4. Провести эксперимент по влиянию концентрации гуминовых кислот на агрегацию наночастиц 5. Провести эксперимент по влиянию концентрации гуминовых кислот и размеров наночастиц на их коллоидные свойства
Ожидаемые результаты проекта:	Внедрение в методы оценки свойств наночастиц, разработанная методика
Критерии приемки результата проекта:	Воспроизводимость методики, адекватность научного результата
Требования к результату проекта:	Требование:
	<ul style="list-style-type: none"> • воспроизводимость разрабатываемой методики; • внешняя валидность эксперимента (закономерность зависимостей седиментации); • вариативность результатов условиям (размер наночастиц, время, концентрации).

Организационная структура проекта собирает информацию о участниках, их должности, функции, трудозатраты (табл. 4.10). Трудозатраты рассчитаны для времени практик (с 01.02.2022 до 23.05.2022) 6-часовой работы в будние дни – 84 д. · 6 ч. = 504 ч.

Таблица 4.10. Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
1	Годымчук А.Ю., ТПУ, к.т.н., доцент ОМ ИШНПТ	руководитель	проведение экспериментов, консультирование, поддержка	504
2	Юдникова А.А., ТПУ, магистрант	исполнитель	проведение экспериментов	504
3	Антоневич О.А., ТПУ, доцент	эксперт	консультирование по разделу «Социальная ответственность»	7д.·6 ч. = 42 ч.
4	Гасанов Магеррам Али оглы, ТПУ, отделение социально-гуманитарных наук, профессор	эксперт	консультирование по разделу «Финансовый менеджмент»	42 ч.
5	Демьяненко Н.В., ТПУ, отделение иностранных языков, старший преподаватель	эксперт	консультирование по разделу на английском языке	42 ч.
ИТОГО:				1 130

Проект по разработке методики исследования свойств НЧ в растворах гуминовых кислот имеет *ограничения и допущения* (табл. 4.11), которые устанавливают «границы проекта».

Таблица 4.11. Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
1. Бюджет проекта	4 242 083 рублей
1.1. Источник финансирования	ИШНПТ
2. Сроки проекта:	01.02.2022 – 20.05.2022
2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.02.2022
2.2. Дата завершения проекта	20.05.2022
3. Лабораторные ограничения	НОЦ «НМиНТ» и имеющееся оборудование
3.1. Ограничение времени использования оборудования	10:00-17:00 (10:00-16:00)
3.2. Ограничения, связанные с техникой безопасности химических реагентов и НЧ ZnO	ПНД Ф 12.13.1-03, ГОСТ Р 56748.1-2015
3.3. Ограничения, связанные с особенностями методики	Работа с суспензиями, сложности в проведении эксперимента, работа с порошками

4.3. Планирование управления научно-техническим проектом

План управления проектом включает: иерархическую структуру работ (ИСП), план проекта, бюджет научного исследования, организационную структуру, реестр рисков проекта.

4.3.1. Иерархическая структура работ проекта

Декомпозиция ВКР, посвященной разработке методики исследования адсорбционных свойств НЧ ZnO в растворе аргинина, проведена в форме иерархической структуры работ (рис. 4.1).

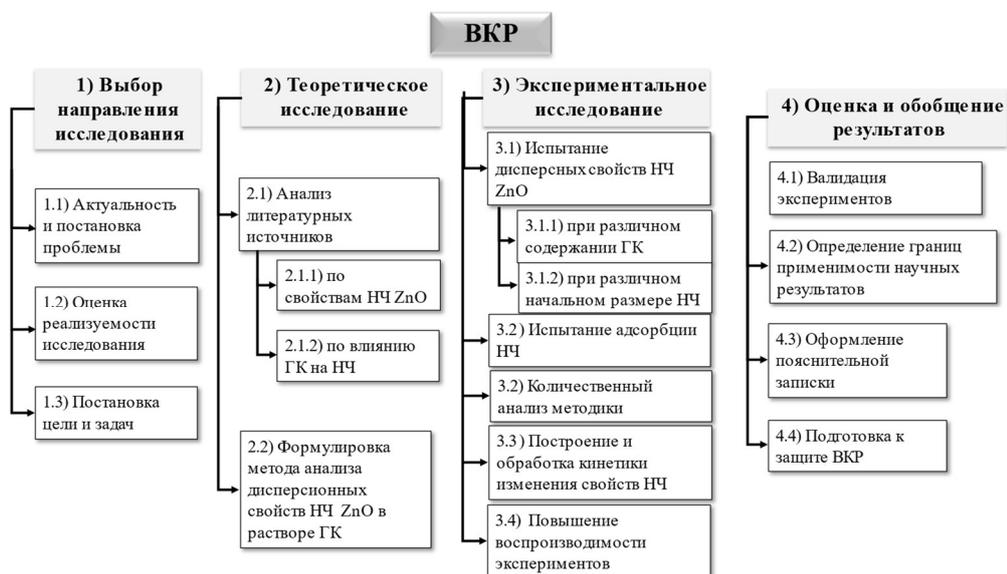


Рисунок 4.1. Иерархическая структура работ

4.3.2. План проекта

В рамках планирования научного проекта построен календарный план (рис. 4.12) и диаграмма Ганта (рис. 4.13).

Таблица 4.12. Календарный план проекта (рук. – руководитель, маг – магистрант)

Код	Название	дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1)	Выбор направления исследования	4	10.02.22	14.02.22	рук., маг.
1.1)	Постановка проблемы	1	10.02.22	11.02.22	рук., маг.
1.2)	Оценка реализуемости исследования	2	11.02.22	13.02.22	рук., маг
1.3)	Постановка цели и задач	1	13.02.22	14.02.22	рук., маг.
2)	Теоретические исследования	9	14.02.22	25.02.22	магистрант
2.1)	Литературный обзор	7	14.02.22	23.02.22	магистрант
2.1.1)	по свойствам НЧ ZnO	3	14.02.22	17.02.22	магистрант
2.1.2)	по влиянию ГК на НЧ	3	17.02.22	20.02.22	магистрант
2.2)	Формулировка метода анализа дисперсионных	3	20.02.22	23.02.22	рук., маг

	свойств НЧ ZnO в растворе ГК				
3)	Экспериментальное исследование	52	23.02.22	16.04.22	рук., маг
3.1)	Испытание дисперсных свойств НЧ ZnO	21	23.02.22	16.03.22	магистрант
3.2)	Испытание адсорбции НЧ	21	23.02.22	16.03.22	рук., маг.
3.3)	Количественный анализ методики	9	16.03.22	25.03.22	рук., маг
3.4)	Построение и обработка кинетики изменения свойств НЧ	23	15.03.22	07.04.22	рук., маг
3.5)	Повышение воспроизводимости экспериментов	31	16.03.22	16.04.22	магистрант
4)	Оценка и обобщение результатов	61	15.04.22	15.06.22	рук., маг
4.1)	Валидация экспериментов	15	15.04.22	30.04.22	рук., маг
4.2)	Определение границ применимости научных результатов	5	1.05.22	05.05.22	рук., маг
4.3)	Оформление пояснительной записки	15	05.05.22	20.05.22	магистрант
4.4)	Подготовка к защите ВКР	26	20.05.22	15.06.22	рук., маг.
Итого:		126	02.02.22	15.06.22	

Таблица 4.13. Диаграмма Ганта

Код	Вид работ	Исполнитель	Тк, кал, дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1)	Выбор направления исследования	рук., маг.	4	■												
1.1)	Постановка проблемы, актуальности	рук., маг.	1	■												
1.2)	Оценка реализуемости исследования	рук., маг.	2	■	■											
1.3)	Постановка цели и задач	рук., маг.	1	■												
2)	Теоретические исследования тематики	маг.	9	■	■	■										
2.1)	Литературный анализ	маг.	7	■	■	■										
2.1.1)	по свойствам НЧ ZnO	маг.	3	■	■	■										
2.1.2)	по влиянию ГК на НЧ	маг.	3	■	■	■										
2.2)	Формулировка метода анализа дисперсионных свойств НЧ ZnO в растворе ГК	рук., маг.	3	■	■	■										
3)	Экспериментальное исследование	рук., маг.	52			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3.1)	Испытание дисперсных свойств НЧ ZnO	маг.	21			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3.1.1)	Испытание адсорбции НЧ	маг.	21			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3.1.2)	Количественный анализ методики	маг.	21			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3.2)	Построение и обработка кинетики изменения свойств НЧ	рук., маг.	21			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3.3)	Повышение воспроизводимости экспериментов	рук., маг.	9					■	■	■	■	■	■	■	■	■
3.4)	Оценка и обобщение результатов	рук., маг.	23					■	■	■	■	■	■	■	■	■
3.5)	по свойствам НЧ ZnO	маг.	31					■	■	■	■	■	■	■	■	■
4)	по влиянию ГК на НЧ	рук., маг.	61								■	■	■	■	■	■
4.1)	Формулировка метода анализа дисперсионных свойств НЧ ZnO в растворе ГК	рук., маг.	15								■	■	■	■	■	■
4.2)	Определение границ применимости научных результатов	рук., маг.	5									■	■	■	■	■
4.3)	Оформление пояснительной записки	маг.	15										■	■	■	■
4.4)	Подготовка к защите ВКР	рук., маг.	26											■	■	■

■ - магистрант ■ - руководитель

4.3.3. Бюджет научного исследования

Бюджет научного исследования описывает совокупность затрат на исследование и разработку. Затраты для данной НТИ группировались по статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата персонала;
- дополнительная заработная плата персонала;
- отчисления на социальные нужды;
- накладные расходы.

Материальные затраты НИР. Материальные затраты – это затраты на сырье. В случае НИР сырьем выступают: Гумостим (реактив), нанопорошки ZnO, лабораторная посуда и принадлежности, канцелярия (таблица 4.14). Наночастицы и Гумостим приобретались задолго до начала эксперимента. Торфяной гуминовый препарат "Гумостим" (производитель: СибНИИСХиТ-филиал СФНЦА РАН) использован в качестве источника гуминовых кислот.

Таблица 4.14. Материальные затраты

Наименование статей	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Перчатки резиновые, технические	уп.	1	1 792	1 792
Контейнер ПП 50 мл, 80 мл	шт	50	4,78	239
Флакон стеклянный, 15 мл	шт	20	8	160
Дозатор	шт	3	3 306,24	9 918,72
Наночастицы ZnO, 22 нм, 25 нм, 37 нм, 109 нм	г	50	216,85 185,22 64,25 100,00	10 842,5 9 261 3 212,5 5 000
Гумостим	л	0,5	250	125
Всего за материалы				30 632
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				919,0
Итого по статье С _м				31 551

Затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ связано с определением стоимости приобретенного специального оборудования (таблица 4.15): ультразвуковая ванна ODA-LQ40, спектрофотометр PD-303,

Zetasizer Nano ZS (Malvern Panalytical, Япония), УФ-спектрофотометр UV mini-1240 (Shimadzu, Япония). Цена Zetasizer Nano ZS указана по документу о Закупка анализатора университетом МИСиС, Москва, 2015 г.

Таблица 4.15. Расчет затрат на специальное оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1.	Спектрофотометр PD-303	1	177,500	177,500
3.	Ультразвуковая ванна ODA-LQ40	1	29,429	29,429
3.	Zetasizer Nano ZS (Malvern Panalytical, Япония)	1	3 638, 428	3 638, 428
4.	УФ-спектрофотометр UV mini-1240 (Shimadzu, Япония), поставщик ООО «Архимед»	1	195, 944	195, 944
Итого:				4 041,301

Основная заработная плата участвующих научных работников, определяется исходя из трудоемкости и системы оплаты труда.

Месячный должностной оклад руководителя составляет:

$$Z_M = Z_6 \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 25\,000 \cdot (40\% + 10\%) \cdot 1,3 = 48\,750 \text{ руб.}$$

где $Z_6 = 25\,000$ руб. – базовый оклад, руб.; $k_{пр} = 40\%$ – премиальный коэффициент (за должность доцента ФЗ 22.08.1996 г. № 125-ФЗ); $k_d = 10\%$ – коэффициент доплат и надбавок (за степень кандидата наук); k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

У магистранта стипендия равна 2650 руб. Рассчитаем среднедневную заработную плату $Z_{дн}$ при $M = 11,2$ месяца (5-дневная неделя), при действительном годовом фонде рабочего времени F_d , указанным в таблице 4.16:

$$\begin{aligned} Z_{дн}(\text{руковод.}) &= (Z_M \cdot M) / F_d = (48750 \text{ руб.} \cdot 11,2) / 254 = 2149,6 \text{ руб.} \\ Z_{дн}(\text{магистрант}) &= (Z_M \cdot M) / F_d = (2650 \text{ руб.} \cdot 11,2) / 217 = 136,8 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (4.1)$$

Таблица 4.16. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные дни/ праздничные дни)	52/14	82/14
Потери рабочего времени (отпуск/ невыходы по болезни)	45/-	52/-
F_d	254	217

Расчёт основной заработной платы ($Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн}$) работников при известных продолжительностях работ T_p показан в таблице 4.17. Результаты расчёта основной заработной платы приведён в табл. 4.18.

Таблица 4.17. Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители	Трудоемкость (T_p), чел.-дн.	Заработная плата ($Z_{дн}$), приходящаяся на один чел.-дн., руб	Всего заработная плата по тарифу ($Z_{осн}$), руб.
1		Руководитель	27	2 149,6	58 039,2
2		Магистр	109	136,8	14 911,2
Итого:					72 950,4

Таблица 4.18. Результаты расчёта $Z_{осн}$

Исполнители	$Z_{б}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	k_p	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
руководитель	25 000	40%	10%	1,3	48 750	2 149,6	27	58 039,2
магистрант					2 650	136,8	109	14 911,2

Статья заработной платы $C_{зп}$ включает основную заработную плату работников $Z_{осн}$ и дополнительную заработную плату. **Дополнительная заработная плата** $Z_{доп}$, рассчитываемая в среднем как 12 % от суммы основной заработной платы, и расчёт $Z_{доп}$ и $C_{зп}$ представлен в таблице 4.19. Сумма зарплаты исполнителей ВКР в сумме равна 81 704,4 руб.

Таблица 4.19. Заработная плата исполнителей ВКР, руб.

Заработная плата	Руководитель	Магистрант	Сумма
Основная зарплата $Z_{осн}$	58 039,2	14 911,2	72 950,4
Дополнительная зарплата $Z_{доп}$ (12% от $Z_{осн}$)	6 964,7	1 789,3	8 754
Зарплата исполнителя $C_{зп}$	65 003,9	16 700,5	81 704,4
Итого	81 704,4		

Отчисления на социальные нужды на 2022 г. составляют:

$$C_{внеб}(\text{руковод.}) = k_{ОПС} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) + k_{ОМС} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,22 \cdot (58 039,2 + 6 964,7) + 0,051 \cdot (58 039,2 + 6 964,7) = 17 616,0 \text{ руб.}$$

$$C_{внеб}(\text{магистрант}) = k_{ОПС} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) + k_{ОМС} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,22 \cdot (14 911,2 + 1 789,3) + 0,051 \cdot (14 911,2 + 1 789,3) = 4 525,8 \text{ руб.} \quad (4.2)$$

$$\Sigma C_{внеб} = 22 141,9 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{ОПС}}=22\%$, $k_{\text{ОМС}}=5,1\%$ – коэффициенты отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования).

Накладные расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования и инвентаря лаборатории составляют 80% от $Z_{\text{осн}}$ и $Z_{\text{доп}}$:

$$C_{\text{накл}}(\text{руковод.}) = 0,8 \cdot (58\,039,2 + 6\,964,7) = 52\,003,1 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{накл}}(\text{магистрант}) = 0,8 \cdot (14\,911,2 + 1\,789,3) = 13\,360,4 \text{ руб.} \quad (4.3)$$

$$\Sigma C_{\text{накл}} = 65\,363,5 \text{ руб.}$$

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

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта заключается в получении итоговой себестоимости (табл.4.20). Конкурирующие статьи также представлены в таблице 4.20 в первой колонке: №1 – данный проект, №2 – [6], №3 – [80].

В итоге бюджет затрат данного проекта ВКР составляет *4 242 062 руб.* При сравнении с конкурирующей методикой [6], проект дешевле, за счет неприменения дорогого оборудования – флуоресцентный спектрофотометр. В сравнении с [80] проект имеет больше научных результатов.

Таблица 4.20. Бюджет затрат НИИ

№	Затраты по статьям, руб.						
	Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Накладные расходы	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
1	31 551	4041301	72 950	8754	65363,52	22141	4 242 062
2 [6]	51000	4998412	100950	9500	75000	30000	5 264 862
3 [80]	33000	4041301	85500	9200	60000	27000	4 256 001

4.3.4. Организационная структура проекта

Среди используемых организационных структур, как функциональная, проектная, матричная, данный проект имеет *проектную* организационную структуру. Это связано с высокой сложностью, степенью неопределенности, взаимосвязи между отдельными частями проекта, критичности по времени. Предлагаемая методика исследования свойств наночастиц является актуальной. Проектная структура оказывается *оптимальной* в реализации проекта.

4.3.5. План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями у рабочей группы проекта приставлен в табл. 4.21. Отражаются коммуникации в большинстве случаев с руководителем и исполнителем проекта.

Таблица 4.21. План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	руководитель	Руководитель ОМ, ИШНПТ, исполнитель	Ежеквартально
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	исполнитель (магистрант)	руководителю, экспертам	Еженедельно
3.	Документы и информация	исполнитель (магистрант)	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	исполнитель (магистрант)	Руководителю	Не позже двух дней от к. точки по плану

4.3.6. Реестр рисков проекта

Произведем оценку важности социальных (табл. 4.22), экономических (табл. 4.23), политических (табл. 4.24), технологических (табл. 4.25), научно-технических (табл. 4.26) рисков проекта. Оценка важности рисков b_i (10 бальная) проводится вероятностью их наступления ($P_i = 0...100\%$) и весовым коэффициентом (w_i).

Таблица 4.22. Социальные риски

№	Риски	P _i , %	b _i , балл	w _i	P _i *w _i
1	Низкая квалификация ремонтного персонала	50	8	0,18	8,89
2	Непросвещенность компаний в области инерционных аппаратов	50	8	0,18	8,89
3	Бюрократические проволочки на стадии регистрации	25	5	0,11	2,78
4	Несоблюдение техники безопасности	50	9	0,20	10,00
5	Увеличение нагрузки на персонал	75	7	0,16	11,67
6	Отсутствие корпоративных стандартов	25	8	0,18	4,44
	Сумма		45	1	46,7

Таблица 4.23. Экономические риски

№	Риски	P _i , %	b _i , балл	w _i	P _i *w _i
1	Инфляция	50	8	0,1	6,1
2	Экономический кризис	50	8	0,1	6,1
3	Недобросовестность поставщиков	50	8	0,1	6,1
4	Непредвиденные расходы в плане работ	25	10	0,2	3,8
5	Снижение уровня спроса на продукцию	25	10	0,2	3,8
6	Сложность выхода на мировой рынок вследствие монополизированность рынка	50	5	0,1	3,8
7	Колебания рыночной конъюнктуры	50	5	0,1	3,8
8	Отсутствие в числе сотрудников экономистов	50	8	0,1	6,1
9	Низкие объемы сбыта	25	4	0,1	1,5
	Сумма		66	1	40,9

Таблица 4.24. Политические риски

№	Риски	P _i , %	b _i , балл	w _i	P _i *w _i
1	Снижение приоритета Правительства РФ в области нанотехнологий	25	7	0,32	8,0
2	Смена власти	50	5	0,23	11,4
3	Угроза национализации	50	5	0,23	11,4
4	Отсутствие поддержки со стороны чиновников	50	5	0,23	11,4
	Сумма		22	1,0	42,0

Таблица 4.25. Технологические риски

№	Риски	P _i , %	b _i , балл	w _i	P _i *w _i
1	возможность поломки оборудования	100	10	0,34	34,5
2	низкое качество поставленного оборудования	25	7	0,24	6,0
3	неправильная сборка оборудования	25	5	0,17	4,3
4	опасность для работающего персонала и аппаратуры	50	7	0,24	12,1
	Сумма		29	1,00	56,9

Таблица 4.26. Научно-технические риски

№	Риски	P _i , %	b _i , балл	w _i	P _i *w _i
1	развитие конкурентных технологий	75	10	0,27	20,3
3	риск невозможности усовершенствования технологии	50	7	0,19	9,5
4	отсутствие результата в установленные сроки	50	8	0,22	10,8
5	получение отрицательного результата при внедрении в производство	50	7	0,19	9,5
6	несвоевременное патентование	50	5	0,14	6,8
	Сумма		37	1	56,8

Расчет общих рисков (табл. 4.27) демонстрирует высокие риски реализации проекта ($P_i * w_i = 63,0$), что связано наибольшим вкладом социальных, технологических и научно-технических рисков. Высокие общие риски реализации проекта в первую очередь компилируют:

- компетентность персонала (соц. риски 46,7);
- вопросы инфляции, кризиса ведущее к сложностям финансирования лаборатории из-за уникального, дорогого оборудования, дорогих нанопорошков (эконом. риски 40,9);
- политическая поддержка (полит. риски 42,0);
- вопросы безопасности в химической лаборатории при работе с наночастицами, сложностью оборудования (технолог. риски 56,9);
- новизна и актуальность проекта (научно-техн. риски 56,8);

Таблица 4.27. Общие риски

№ п/п	Риски	P _i	b _i	w _i	b _i *w _i
1	Социальные	75	46,7	0,2	14,4
2	Экономические	50	40,9	0,2	8,4
3	Политические	30	42,0	0,2	5,2
4	Технологические	70	56,9	0,2	16,4
5	Научно-технические	80	56,8	0,2	18,7
Итого			243,3	1	63,0

Рекомендации по минимизации вероятных рисков:

Социальные риски:

- увеличение нагрузки на персонал (10,7%) – реорганизация раб. графика;

Экономические риски:

- инфляция (6,1%) – закладывание в бюджет дополнительных потерь финансовых средств от инфляции;
- экономический кризис (6,1%) – прогнозирование экономической ситуации;
- недобросовестность поставщиков (6,1%) – поиск добросовестных и проверенных поставщиков;
- отсутствие в числе сотрудников экономистов (6,1%) – поиск квалифицированных специалистов;

Технологические риски:

- опасность для работающего персонала и аппаратуры (12,1%) – проведение мероприятий по ТБ в вопросе нанобезопасности, безопасности при работе с химическими веществами.

Научно-технические риски:

- развитие конкурентных технологий (20,3%) – компиляция и внедрение в разрабатываемую методику научных новшеств;

В первую очередь необходимо снизить научно-технические и технологические риски. Это приведет нивелированию экономических рисков. Лабораторий уже обеспечены и стандартизированы.

Таким образом, проект имеет высокие риски реализации ($P_i * w_i = 63,0$), что связано с вкладом социальных, технологических и научно-технических рисков. Риски связаны с: уникальностью и дороговизной оборудования, рисками нанотоксичности, мерами безопасности в хим. лаборатории, сложностью реализации.

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

4.4.1. Оценка абсолютной эффективности исследования

В этой главе определение эффективности ВКР рассчитано по коммерческой услуге – *проведение лабораторией платных услуг по экологической оценке свойств наночастиц.*

Стоимость анализа свойств наночастиц в работе опирается на услуги Уральского центра коллективного пользования "Современные нанотехнологии" Уральского федерального университета (УЦКП СН УрФУ). Где цены:

- Измерение функции распределения микро- и наночастиц по размерам методом сканирующей электронной микроскопии – 8000 руб.;
- Измерение функции распределения микро- и наночастиц по размерам методом динамического рассеяния света – 1700 руб.;
- Седиментационные свойства – 2000 руб.;
- Измерение удельной поверхности и распределения пор методом BET – 7000 руб.

Примем, что количество таких экспертиз, включающих данную методику, 190 в год.

Проведем оценку общей экономической эффективности разрабатываемой методики с помощью показателей динамических методов оценки инвестиций, согласно [82]: чистый доход (ЧД, NV), чистый дисконтированный доход (ЧДД, NPV), внутренняя норма доходности (ВНД, IRR), потребность в дополнительном финансировании (ПФ), срок окупаемости (PP), индексы доходности затрат и инвестиций и др.

План денежных потоков от разрабатываемой методики представлен в таблице 4.28. Полные текущие издержки состоят из: прямые материальные затраты (из бюджета), ФОТ основных рабочих, включая взносы во внебюджетные фонды (из бюджета), силовая энергия (табл.4.29), Общепроизводственные расходы (из бюджета), общехозяйственные расходы (взято условно 30 тыс. руб.), коммерческие расходы (взято условно 20 тыс. руб.).

Таблица 4.28. План денежных потоков

№	Показатель, тыс.руб	Шаг расчета <i>t</i> , год					
		0	1	2	3	4	5
Операционная деятельность							
1	Выручка без НДС	0	3553,0	3553,0	3553,0	3553,0	3553,0
2	Полные текущие издержки, в том числе:	0	-1746,5	-1746,5	-1746,5	-1746,5	-1746,5
3	• прямые материальные затраты	0	-378,6	-378,6	-378,6	-378,6	-378,6
4	• ФОТ основных рабочих, включая взносы во внебюджетные фонды	0	-1246,2	-1246,2	-1246,2	-1246,2	-1246,2
5	• Силовая энергия	0	-6,4	-6,4	-6,4	-6,4	-6,4
6	• Общепроизводственные расходы	0	-65,4	-65,4	-65,4	-65,4	-65,4
7	• Общехозяйственные расходы	0	-30,0	-30,0	-30,0	-30,0	-30,0
8	• Коммерческие расходы	0	-20,0	-20,0	-20,0	-20,0	-20,0
10	Денежный поток от производственной (операционной) деятельности (п.1-п.2)	0	1806,5	1806,5	1806,5	1806,5	1806,5
Инвестиционная деятельность							
11	Поступление инвестиций	0	0	0	0	0	0
12	Капиталовложения, обслуживание инвестиций	-4041,3	-1746,5	0	0	0	0
13	Сальдо от инвестиционной деятельности (п.11+п.12)	-4041,3	-1746,5	0	0	0	0
14	Сальдо суммарного потока (п.10+п.13)	-4041,3	60,0	1806,5	1806,5	1806,5	1806,5
15	Сальдо накопленного потока (ЧД)	-4041,3	-3981,3	-2174,8	-368,3	1438,2	3244,7
16	Коэффициент дисконтирования при ставке дохода 14%	1	0,877	0,769	0,675	0,592	0,519
17	Дисконтированное сальдо суммарного потока (п.14·п.16)	-4041,3	52,6	1390,0	1219,3	1069,6	938,2
18	Дисконтированные инвестиции (п.12·п.16)	-4041,3	-1532,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Таблица 4.29. Силовая энергия

№	Наименование оборудования	кол-во	Мощность, кВт	Время работы за год, ч	Тариф (Томск, с 01.01.2022 по 30.06.2022), руб./кВт*ч	Силовая энергия, руб.
п/п						
1	Спектрофотометр PD-303	1	0,015	2080	3,85	120,12
2	Zetasizer Nano ZS (Malvern Panalytical, Япония)	1	0,5	2080	3,85	4004
3	Ультразвуковая ванна ODA-LQ40	1	0,12	2080	3,85	960,96
4	УФ-спектрофотометр UV mini-1240 (Shimadzu, Япония), поставщик ООО «Архимед»	1	0,16	2080	3,85	1281,28
					Итого	6366,36

Чистый доход (ЧД, NV) – это накопленный эффект (сальдо денежного потока) за расчетный период. Разрабатываемая методика ВКР в экспертизе за 5 лет принесет 3 244,7 тыс.руб. (табл. 4.28, послед. ячейка строки 15).

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) – это накопленный дисконтированный эффект за расчетный период. Дисконтирование представляет собой приведение доходов и расходов будущих периодов к текущему моменту с учетом временной стоимости денежных средств.

Ставка дисконтирования (Е) зависит от приемлемого уровня доходности на инвестируемый капитал. Она может равняться доходности по депозитам, ценным бумагам и другим альтернативным направлениям инвестирования.

Выберем ставку дисконтирования Е, опираясь на ключевую ставку Банка России на май 2022 г. (17.05.2022), равную Е=14%. Определим коэффициент дисконтирования (K_d) за 5 лет:

$$\begin{aligned} K_d (1 \text{ год}) &= 1 / (1 + E)^t = 1 / (1 + 0,14)^1 = 0,877 \\ K_d (2 \text{ года}) &= 1 / (1 + 0,14)^2 = 0,769 \\ K_d (3 \text{ года}) &= 1 / (1 + 0,14)^3 = 0,675 \\ K_d (4 \text{ года}) &= 1 / (1 + 0,14)^4 = 0,592 \\ K_d (5 \text{ лет}) &= 1 / (1 + 0,14)^5 = 0,519 \end{aligned} \tag{4.4}$$

Определим ЧДД проекта при норме дисконта Е=14%, приводя поток к шагу 0 ($t_0=0$). ЧДД определяется суммированием за весь период (сумма строки 17, табл. 4.28): ЧДД = 628,6 тыс. руб.

Внутренняя норма доходности (ВНД) характеризует внутреннюю норму рентабельности инвестиционного проекта. Рассчитаем ЧДД по п.14 в таблице 4.28 и выбранным ставкам 0...25% (табл.4.30). Расчет ВНД проведен графическим методом с нахождением корня уравнения линии тренда ЧДД от ставки дисконта. Нахождение корней уравнения на рисунке 4.2 дает ВНД=18,9%. Получаем, что ВНД (18,9%) > Е (14%). Степень устойчивости равна ВНД – Е = 18,9 – 14 = 4,9%. Применение проекта эффективно.

Таблица 4.30. ЧДД по ставкам

Ставка	Показатель, тыс.руб	Номер расчета t , год						ЧДД
		0	1	2	3	4	5	
	Сальдо суммарного потока	-4041	60,0	1806,5	1806,5	1806,5	1806,5	3244,7
	КД при ставке 0%	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
0	Дисконтированное сальдо	-4041	60,0	1806,5	1806,5	1806,5	1806,5	2997,2
0,01	КД при ставке 0,01%	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Дисконтированное сальдо	-4041	59,4	1770,9	1753,4	1736,0	1718,8	2116,6
0,05	КД при ставке 0,05%	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	
	Дисконтированное сальдо	-4041	57,1	1638,6	1560,5	1486,2	1415,4	1219,0
0,1	КД при ставке 0,1%	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	
	Дисконтированное сальдо	-4041	54,6	1493,0	1357,3	1233,9	1121,7	495,7
0,15	КД при ставке 0,15%	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	
	Дисконтированное сальдо	-4041	52,2	1366,0	1187,8	1032,9	898,2	-94,2
0,2	КД при ставке 0,2%	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	
	Дисконтированное сальдо	-4041	50,0	1254,5	1045,4	871,2	726,0	-580,3
0,25	КД при ставке 0,25%	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	
	Дисконтированное сальдо	-4041	48,0	1156,2	924,9	739,9	592,0	

ЧДД от ставки дисконда

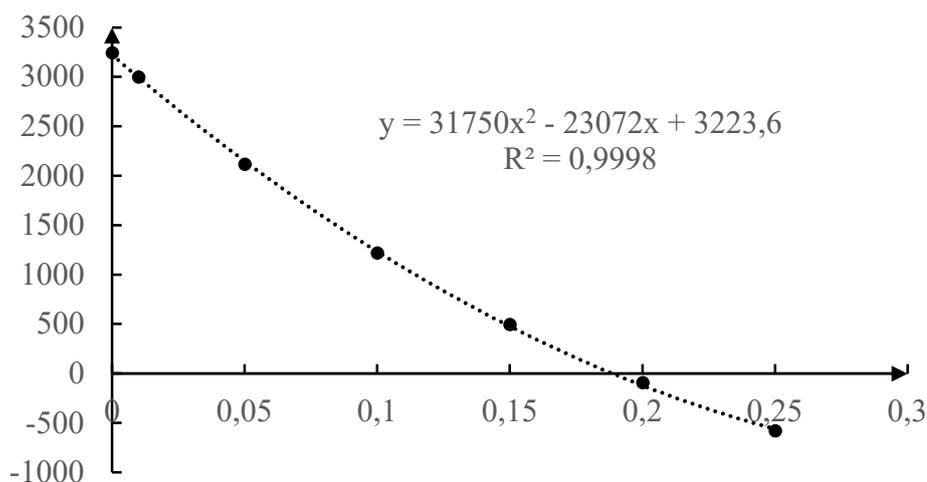


Рисунок 4.2. ЧДД от ставки дисконда

Потребность в финансировании (ПФ) определена максимальным отрицательным значением в п. 15 таблицы 4.28 и равно 4 041,3 тыс. руб. (в периоде 0).

Срок окупаемости (PP) – это продолжительность периода от момента разработки проекта до момента окупаемости. Для разрабатываемой методики определим PP по п.15 и п.14 в таблице 4.28:

$$T = -C_{н\ t=3} / C_{сумм\ t=4} = -(-368,3) / 1806,5 = 0,204 \quad (4.5)$$

где $C_{\text{сумм } t=4}$ – сальдо суммарного потока 4 периода, тыс. руб.; $C_{n \ t=3}$ – сальдо накопленного потока 3 периода, тыс. руб. Срок окупаемости от начала операционной деятельности $PP = 3,204$ года.

Индекс доходности инвестиций. Определим дисконтированный индекс доходности ИДД. Для этого найдем сумму дисконтированных инвестиций ДК – это сумма п. 18 в таблице 4.28, и равна = 5573,3 тыс. руб. Так как ЧДД > 0, то ИДД > 1.

$$\text{ИДД} = 1 + (\text{ЧДД}/\text{ДК}) = 1 + (628,6 / 5573,3) = 1,113 \quad (4.6)$$

В итоге, на момент мая 2022 г. проведение лабораторией платных услуг по экологической оценке свойств наночастиц эффективно при сложных обстоятельствах (190 экспертиз в год, стоимость одной – 18 700 руб).

4.4.2. Оценка сравнительной эффективности исследования

Проведем оценку эффективности по расчету интегрального показателя эффективности проекта, который найдем через две величины: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Финансовую эффективность определим из изменения бюджета после доп. реализации розничных исследований. Для проекта бюджет $\Phi_{\text{раз}} = 4\,242\,062$ руб.

Аналог 1. В [6] используется дорогое оборудование флуоресцентный спектрофотометр и получают больше научных результатов. Бюджет составляет $\Phi_{\text{аналог1}} = 5\,264\,862$ руб.

Аналог 2. В другом случае разработку возможно провести аналогично статье [80]. Аналог 2 в этом случае имеет меньше научных результатов. Исследование имеет бюджет $\Phi_{\text{аналог2}} = 4\,256\,001$ руб.

Определим интегральный финансовый показатель разработки $I_{\text{ф}}(\text{раз.})$ и аналогов $I_{\text{ф}}(\text{анал.})$ отношением максимального Φ_{max} к рассматриваемому Φ_i :

$$I_{\text{ф}}(\text{разработка}) = \Phi_{\text{раз}} / \Phi_{\text{max}} = 4242062 \text{ руб.} / 5\,264\,862 \text{ руб.} = 0,806.$$

$$I_{\text{ф}}(\text{аналог 1}) = \Phi_{\text{аналог1}} / \Phi_{\text{max}} = 5\,264\,862 \text{ руб.} / 5\,264\,862 \text{ руб.} = 1. \quad (4.6)$$

$$I_{\text{ф}}(\text{аналог 2}) = \Phi_{\text{аналог2}} / \Phi_{\text{max}} = 4\,256\,001 \text{ руб.} / 5\,264\,862 \text{ руб.} = 0,808.$$

Определим интегральный показатель ресурсоэффективности $I_{рес}$ вариантов исполнения разрабатываемой методики по сумме произведений баллов b_i (0...5) и весов a_i шести критериев (табл.4.31). $I_{рес}$ (проект) = $\sum a_i \cdot b_i = 3,9$; $I_{рес}$ (Аналог 1) = $\sum a_i \cdot b_i = 2,8$; $I_{рес}$ (Аналог 2) = $\sum a_i \cdot b_i = 3,05$.

Таблица 4.31. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения разрабатываемой методики

Критерий	Вес. коэф. a_i	Разработка		Аналог 1		Аналог 2	
		b, балл	$a_i \cdot b_i$	b, балл	$a_i \cdot b_i$	b, балл	$a_i \cdot b_i$
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	4	0,6	3	0,45	4	0,6
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	0,6	3	0,45	4	0,6
3. Помехоустойчивость	0,1	3	0,3	2	0,2	3	0,3
4. Энергосбережение	0,1	4	0,4	2	0,2	3	0,3
5. Надежность	0,25	4	1	4	1	3	0,75
6. Материалоемкость	0,25	4	1	2	0,5	2	0,5
ИТОГО	1		$I_{рес}$ (раз.)= 3,9		$I_{рес}$ (анал.)= 2,8		$I_{рес}$ (анал.)= 3,05

Интегральный показатель эффективности разрабатываемой методики $I_{эф}$ (раз.) и аналогов $I_{эф}$ (анал.) определим отношением $I_{рес}$ и $I_{ф}$:

$$I_{эф}(\text{раз.}) = I_{рес}(\text{раз.}) / I_{ф}(\text{раз.}) = 3,9 / 0,806 = 4,84;$$

$$I_{эф}(\text{аналог1}) = I_{рес}(\text{аналог1}) / I_{ф}(\text{аналог1}) = 2,8 / 1 = 2,80; \quad (4.7)$$

$$I_{эф}(\text{аналог2}) = I_{рес}(\text{аналог2}) / I_{ф}(\text{аналог2}) = 3,05 / 0,808 = 3,77.$$

Сравним интегральные показатели эффективности разрабатываемой методики и аналогов (таблица. 4.32). Определим сравнительную эффективность проекта $\mathcal{E}_{ср}$ отношением $I_{эф}$ (раз.) к $I_{эф}$ (анал.). Тогда:

$$\mathcal{E}_{ср}(\text{в сравнении с аналогом 1}) = I_{эф}(\text{раз.}) / I_{эф}(\text{анал.1}) = 4,84 / 2,80 = 1,73.$$

$$\mathcal{E}_{ср}(\text{в сравнении с аналогом 2}) = I_{эф}(\text{раз.}) / I_{эф}(\text{анал.2}) = 4,84 / 3,77 = 1,28.$$

Таблица 4.32. Сравнительная эффективность разработки

№	Показатель	Аналог 1	Разработка	Аналог 2
п/п				
1	Интегральный финансовый показатель $I_{\text{ф}}$	1,00	0,806	0,808
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности $I_{\text{рес}}$	2,8	3,9	3,05
3	Интегральный показатель эффективности $I_{\text{эф}}$	2,80	4,84	3,77
4	Сравнительная эффективность $\text{Э}_{\text{ср}}$	$I_{\text{эф}}(\text{раз.}) / I_{\text{эф}}(\text{аналог 1})$	$I_{\text{эф}}(\text{раз.}) / I_{\text{эф}}(\text{аналог 2})$	
		1,73	1,28	

Исходя из интегральных показателей эффективности, разрабатываемая методика ВКР, по сравнению с аналогичными вариантами исполнения, оказывается оптимальной с точки зрения финансовой и ресурсосберегающей эффективности. Это связано с тем, что предлагаемых аналогиях предлагается дорогостоящее лабораторное оборудование – флуоресцентный спектрофотометр. Однобокость оценки сравнительной эффективности связана с не затрагиванием научной воспроизводимости, результативности и применимости.

4.5. Выводы по разделу

В результате выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выяснено:

- Потенциальными потребителями результата исследования являются исследовательские, химические, экологические лаборатории, компании синтезирующие наночастицы.
- Анализ конкурентных технических решений показал наибольшую конкурентоспособность ($K_{\text{ф}} 3,65$), связанную с простотой методики (3 ч.), с тремя получаемыми результатами, дешевизной аналитического оборудования (4 шт.).
- SWOT-анализ показал, что конкурентоспособность разрабатываемой методики напрямую зависит от ее воспроизводимости, эффективности, научной результативности, дешевизны.

- Готовность проекта к коммерциализации выше среднего связана с узкими границами научного результата.

- Возможные методы коммерциализации: гранты, гос.финансирование, проведение платных услуг по экологической оценке. Получение грантов в исследовательских лабораториях – самый реализуемый метод коммерциализации.

- В инициации проекта сформулирован устав проекта.

- Разработаны иерархическая структура работ, календарный план и диаграмма Ганта.

- Бюджет затрат проекта составляет 4 242 062 руб., что дешевле, чем у конкурентных решений.

- Проектная структура оптимальная для проекта.

- В план управления коммуникациями львиная доля коммуникаций у руководителя и исполнителя.

- проект имеет высокие риски реализации ($P_i * w_i = 63,0$), что связано высокими социальными, технологическими и научно-техническими рисками. Риски связаны с: уникальностью и дороговизной оборудования, рисками нанотоксичности, мерами безопасности в хим. лаборатории, сложностью реализации.

- На момент мая 2022 г. проведение лабораторией платных услуг по экологической оценке свойств наночастиц эффективно при сложных обстоятельствах (190 экспертиз в год, стоимость одной – 18700 руб.). Коммерциализация услуги имеет ЧД = 3 244,7 тыс. руб.; ЧДД = 628,6 тыс. руб. (>0 , при $E=14\%$). Срок окупаемости проекта (РР) составляет 3,2 года. ВНД – 18,9%, степень устойчивости 4,9%. Потребность в финансировании ПФ= 4041,3 тыс. руб. Дисконтированный индекс доходности ИДД = 1,113 (>1).

- Разрабатываемая методика ВКР, по сравнению с аналогичными вариантами исполнения, оптимальна: $I_{эф}(\text{в сравнении с аналогом 1}) = 1,73$; $I_{эф}(\text{в сравнении с аналогом 2}) = 1,28$.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 4БМ02		ФИО Юдникова Арина Александровна	
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	магистратура	Направление/ специальность	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Особенности агрегации наночастиц оксида цинка в поверхностных водах	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования</i> – наночастицы ZnO в растворах гуминовых кислот <i>Область применения</i> – химические методы анализа, химические лаборатории <i>Рабочая зона:</i> лаборатория <i>Размеры помещения:</i> 4,3×6,5 м² <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> аналитические весы ALC-110d4, pH-метр ST3100-F, ультразвуковая ванна ODA-LQ40, дистиллятор ДЭ-4, спектрофотометр PD-303, дозаторы марок ТермоФишер, анализатор Zetasizer Nano ZS, УФ-спектрофотометр UV mini-1240, центрифуга Microspin 12, вытяжная система; ПЭВМ; <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне</i> взвешивание, ультразвуковое перемешивание, центрифугирование наночастиц, спектрофотометрический анализ, анализ размера и дзета-потенциала наночастиц, статистическая обработка данных</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения) – ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя – ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха и (или) аэрозольным составом воздуха. – связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем ультразвуковых колебаний; – нервно-психические перегрузки, перенапряжение анализаторов, в том числе вызванное информационной нагрузкой;

	<p>– недостаток необходимого искусственного освещения.</p> <p>Опасные факторы:</p> <p>– химические вещества, косвенно действующие на организм работающего, обусловленные свойствами этих химических веществ воспламеняться, гореть, тлеть, взрываться и т.п.;</p> <p>– вещества, обладающие избирательной токсичностью на органы-мишени и (или) системы при многократном или продолжительном воздействии;</p> <p>– факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <p>– резиновые перчатки, очки защитные, респираторы или медицинские маски, хлопчатобумажный халат;</p> <p>– вентиляционная система и вытяжные шкафы, люминесцентные лампы, звукоизолирующая крышка ультразвуковой ванны, керамические столы, сетевой фильтр.</p> <p>Расчет: системы искусственного освещения</p>
<p>3. Экологическая безопасность <u>при разработке проектного решения</u></p>	<p>Воздействие на селитебную зону: наличие в воздухе наночастиц ZnO</p> <p>Воздействие на литосферу: агрегация и седиментация взвешенных наночастиц ZnO на близлежащей территории лаборатории;</p> <p>Воздействие на гидросферу: попадание наночастиц и реагентов в сточные воды.</p> <p>Воздействие на атмосферу: выбросы низких концентраций аэрозолей наночастиц ZnO.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при разработке проектного решения</u></p>	<p>Возможные ЧС: пожар, случайное высвобождение нанопорошка с превышением ПДК, выброс концентрированных веществ</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ02	Юдникова Арина Александровна		

ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Введение

Социальная направленность магистерской диссертации связана с растущими объемами производства НЧ и их добавкой в фармацевтическую и косметическую промышленность. Это повышает риски высвобождения НЧ в окружающую среду и ведет к возникновению рисков взаимодействия НЧ с природной органикой. В связи с чем возникает необходимость в воспроизводимых методиках оценки свойств НЧ.

Объектами исследования являлись НЧ ZnO в водных суспензиях с различным содержанием гуминовых кислот (ГК). Спектрофотометрическим анализом проводили исследование седиментационных свойств, методом динамического рассеяния света проводилась оценка агрегационных свойств НЧ.

Рабочая зона – лаборатория (4,3×6,5 м²), с оборудованием: весы ALC-110d4, рН-метр ST3100-F, ультразвуковая ванна ODA-LQ40, дистиллятор ДЭ-4, спектрофотометр PD-303, дозаторы марок ТермоФишер, анализатор Zetasizer Nano ZS, УФ-спектрофотометр UV mini-1240, центрифуга Microspin 12, вытяжная система.

Рабочие процессы: взвешивание, ультразвуковое перемешивание, центрифугирование НЧ, спектрофотометрический анализ, анализ размера и ζ-потенциала, статистическая обработка данных. Обработка данных осуществлялась на ПЭВМ Dell Vostro 3558.

В настоящем разделе магистерской диссертации представлены анализ производственных факторов, расчет производственной и оценка экологической безопасности.

5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Научно-исследовательская работа осуществлялась в лаборатории научно-образовательного инновационного центра "Наноматериалы и нанотехнологии", в инженерной школе новых производственных технологий Томского

политехнического университета (ИШНПТ ТПУ), по адресу: г.Томск, пр-кт. Ленина, д. 2, стр. 1.

Продолжительность рабочего времени, а именно начало, окончание или общая продолжительность рабочего дня определяется по соглашению сторон работодателя и работника лаборатории в соответствии с главой 16 ст. 100 ТК РФ «Режим рабочего времени» и главой 16 ст. 102 ТК РФ «Работа в режиме гибкого рабочего времени» [83].

Выполнение работ в лаборатории связано с воздействием вредных и (или) опасных факторов производственной среды, в связи с этим работникам предоставляются бесплатно средства индивидуальной защиты и смывающие средства в соответствии с главой 36 ст. 221 Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) [83].

Согласно ПНД Ф 12.13.1-03 (Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)) [84] на работу в химико-аналитические лаборатории принимаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование. На работу допускаются только после прохождения вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте. При работе в химической лаборатории необходимо надевать халат из хлопчатобумажной ткани, средства индивидуальной защиты органов дыхания, рук и глаз. В рабочем помещении назначаются ответственные за соблюдением техники безопасности, хранения веществ, обеспеченность средствами индивидуальной защиты (СИЗ), включая средства защиты органов дыхания (СИЗОД) и аптечками первой помощи. Помещение, для прохождения НИР, является аналитическим залом и должно оборудоваться вытяжной вентиляцией, водопроводом, раковиной и канализацией.

Согласно ГОСТ Р 50923-96 [85], элементами рабочего места оператора являются: рабочий стол, рабочий стул, дисплей, клавиатура. Рабочее место должно не создавать перегрузки костно-мышечной системы. При выполнении работ в положении стоя рабочее место и оборудование должны гарантировать

прямое и свободное положение корпуса тела работающего или наклон его вперед не более чем на 15° согласно ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя [86].

5.3 Производственная безопасность

Условия труда в лаборатории и электрооборудование провоцируют появление вредных и опасных факторов работающих. Работа в лаборатории, а также за ноутбуком (ПЭВМ), согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [87], характеризуются факторами, представленными в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте лаборатории

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха и (или) аэрозольным составом воздуха	<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ 10262-73 Реактивы. Цинка окись. Технические условия [88]. • ГОСТ Р 56748.1-2015 Нанотехнологии. Наноматериалы. Менеджмент риска. Часть 1 Общие положения [89]. • • ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения) [85].
связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем ультразвуковых колебания	ГОСТ 12.1.001-89 Ультразвук. Общие требования безопасности [90].
недостаток необходимого искусственного освещения	ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий нормы и методы измерений [91].
химические вещества, косвенно действующие на организм работающего, обусловленные свойствами этих химических веществ воспламеняться, гореть, тлеть, взрываться и т.п.	<ul style="list-style-type: none"> • ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения) [84].
вещества, обладающие избирательной токсичностью на органы-мишени и (или) системы при многократном или продолжительном воздействии	<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ 10262-73 Реактивы. Цинка окись. Технические условия [88]. • ГОСТ Р 56748.1-2015 Нанотехнологии. Наноматериалы. Менеджмент риска. Часть 1 Общие положения [89]
факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов	ГОСТ 12.2.007.0-75 Изделия электротехнические. Общие требования безопасности [92].

5.3.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов

1) Связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха и (или) аэрозольным

составом воздуха. Источник фактора – НЧ ZnO. Возможны химические ожоги гортани, хроническая бронхиальная астма.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочих помещений не должно превышать предельно-допустимую концентрацию (ПДК). Вредные вещества в работе характеризовались известными ПДК и степенью воздействия на организм: пары у аэрозоля ZnO – 0,5 мг/м³, 2 класс опасности [88].

Согласно ПНД Ф 12.13.1-03 [84], ГОСТ 10262-73 [88], ГОСТ Р 56748.1-2015 [89] рабочее помещение должно быть оборудовано общей приточно-вытяжной вентиляцией. При работе с ZnO следует применять СИЗ и СИЗОД. Следует включать и выключать вентиляцию за 30 минут до начала, и после окончания работ. Створки вытяжного шкафа нужно поднимать <20...30 см, чтобы в шкафу находились руки, а лицо за стеклом во избежание попадания брызг и паров.

В лаборатории работа и хранение хим. веществ отвечает требованиям. Достигается фильтрацией воздуха вентиляционной системой с вытяжными шкафами, СИЗ (халат, нитриловые перчатки, обувь, маска).

2) *Связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем ультразвуковых колебаний.* Источник фактора – длительная работа ультразвуковой ванны ODA-LQ40, центрифуги Microspin 12. Заболевания работников: тугоухость, головные боли. Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах не должны превышать указанных в таблице 5.2 [90].

Таблица 5.2. Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах [90]

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, кГц	Уровень звукового давления, дБ
12,5	80
16	80 (90)
20	100
25	105
31,5-100,0	110

В лаборатории уровни звукового давления на рабочих местах составляют: от ультразвуковой ванны ODA-LQ40 – 80 дБ (17,7 кГц) и 57...60 дБ (22 кГц); от центрифуги Microspin 12 – <56 дБ (25 кГц). В лаборатории уровни звукового

давления не превышают допустимых [90]. Снижение влияния фактора достигается поглощающими крышками ванны и центрифуги.

3) *Недостаток необходимого искусственного освещения.* Источник фактора – люминесцентные лампы. Работник подвергается напряжению глаз. Согласно ГОСТ Р 55710-2013 (Освещение рабочих мест внутри зданий нормы и методы измерений) [91], нормы освещенности приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3. Нормы освещенности [91]

Наименование помещения	Освещенность $E_{экс}$, лк	Равномерность освещенности U_0	Коэф. пульсации K_p , %
Лаборатории	500	>0,60	>10
Фармацевтическое производство			

В лаборатории требования отвечают нормам [91]. Рабочий стол находится между рядами светильников ЛПО 2x36-CSVT (люминисцентные лампы, 40 Вт) и боковым оконным проемом.

4) Химические вещества, косвенно действующие на организм работающего, обусловленные свойствами этих химических веществ воспламеняться, гореть, тлеть, взрываться и т.п. Источник – гуминовая кислота. Опасность возгорания. В лаборатории риск пожаров классов А, В, Е [93].

Лаборатория отвечает требованиям пожарной безопасности и оснащена: пожарным краном, в наличии порошковый огнетушитель АВСЕ-1 Триумф и песок, аптечки Мирал.

4) Вещества, обладающие избирательной токсичностью на органы-мишени и (или) системы при многократном или продолжительном воздействии. Источник – НЧ ZnO. Работник подвержен хроническим опухолевым заболеваниям легких и всех органов. ПДК (микро-ZnO) = 0,5 мг/м³ [88]. НЧ ZnO (<100 нм), согласно МР 1.2.2522–09 [94], имеют рассчитанную среднюю степень потенциальной опасности $D \approx 1,67$. Снижение влияния фактора достигается СИЗ, малыми навесками НЧ (<10 г).

5) Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов. Источник – электрооборудование. Опасность

электрических ожогов, электротравмы 1, 2 степени. Снижение влияния фактора достигается изоляцией проводки и приборов, использованием сетевого фильтра с предохранителем в сеть 220 В, 50/60 Вт. Мощности составляют 3 кВт у дистиллятора ДЭ-4 и 2,6...340 Вт у остальных приборов. Настольные приборы имеют малые величины напряжений: <36 В [92], не требующие специального заземления.

5.3.2. Расчет освещенности помещения НИР

Дано помещение с размерами: длина $A = 4,3$ м, ширина $B = 6,5$ м, высота $H = 2,5$ м. Высота рабочей поверхности $h_{рп} = 0,83$ м. Светильники ЛПО 2x36 (1,245x0,4x0,05 м) с двумя люминесцентными лампами ОД, 40 Вт, 220 В.

Рассчитаем высоту подвеса: $h_n = H - h_{свеса} = 2,5 \text{ м} - 0,05 \text{ м} = 2,45 \text{ м}$. Высота подвеса $h_n = 2,45$ м допустима с учетом наименьшей допустимой h_n сдвоенных светильников с люминесцентными лампами ($2,45 < 4,0$ м). Определим расчетную высоту светильника над рабочей поверхностью: $h = h_n - h_{рп} = 2,45 \text{ м} - 0,83 \text{ м} = 1,62 \text{ м}$.

Рассчитаем расстояние между рядами светильников: $L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 1,62 \approx 2,27$ м. Учитываем, что критерий оптимальности расположения светильников для люминесцентных ламп ОД без защитной решётки $\lambda = 1,4$. Расстояние от стены до торца светильника: $L/3 = 2,27/3 \approx 0,76$ м. Определим количество рядов светильников:

$$n_{ряд} = \frac{B - \frac{2}{3}L}{L} + 1 = \frac{6,5 - \frac{2}{3} \cdot 2,27}{2,27} + 1 = 3,19 \approx 3$$

Определим количество светильников в ряду:

$$n_{св} = \frac{A - \frac{2}{3}L}{l_{св} + 0,5} = \frac{4,3 - \frac{2}{3} \cdot 2,27}{1,245 + 0,5} = 1,59 \approx 2$$

Расстояние между светильниками в ряду: $(A - n_{св} \cdot l_{св})/3 = (4,3 - 2 \cdot 1,245 \text{ м})/3 \approx 0,60$ м. Разместим светильники в 3 ряда. В каждом ряду 2 светильника ОД с 2 люминесцентными лампами типа мощностью 40 Вт (с длиной $l_{св} = 1,245$ м). Начертим план помещения и размещения светильников с люминесцентными

лампами (рис. 5.1). Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N_{л} = 2(n_{ряд} \cdot n_{св}) = 2 \cdot (3 \cdot 2) = 12$.

Рассчитаем индекс помещения: $i = S / h(A+B) = (A \cdot B) / h(A+B) = (4,3 \text{ м} \cdot 6,5 \text{ м}) / 1,62 \text{ м} \cdot (4,3 \text{ м} + 6,5 \text{ м}) = 1,60$. Коэффициент использования светового потока η для сочетания коэффициентов отражения (свежепобеленный потолок $\rho_{п}=70\%$, свежепобеленные стены с окнами без штор $\rho_{н}=50\%$) и индекса помещения ($i=1,60$) равен табличному значению $\eta=56\%$. Коэффициент запаса $K_з$ для помещения со средним выделением пыли равен 1,8. Нормативная освещенность лаборатории $E_{н} = 500 \text{ лк}$ (Приложение Л [95] и [91]). Определим световой поток Φ :

$$\Phi = \frac{E_{н} \cdot S \cdot K_з \cdot Z}{N_{л} \cdot \eta} = \frac{500 \text{ лк} \cdot 27,95 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,56} = 4118 \text{ лм}$$

Ближайшая стандартная лампа – ЛД 65 Вт с потоком 3750 лм. Проверка:

$$-10\% \leq \frac{3750 \text{ лм} - 4118 \text{ лм}}{3750 \text{ лм}} \cdot 100\% \leq +20\% \Rightarrow -10\% \leq -9,8\% \leq +20\%$$

Тогда электрическая мощность осветительной системы: $P = 12 \cdot 65 \text{ Вт} = 12 \cdot 65 \text{ Вт} = 780 \text{ Вт}$. Лаборатория соответствует требованиям освещенности.

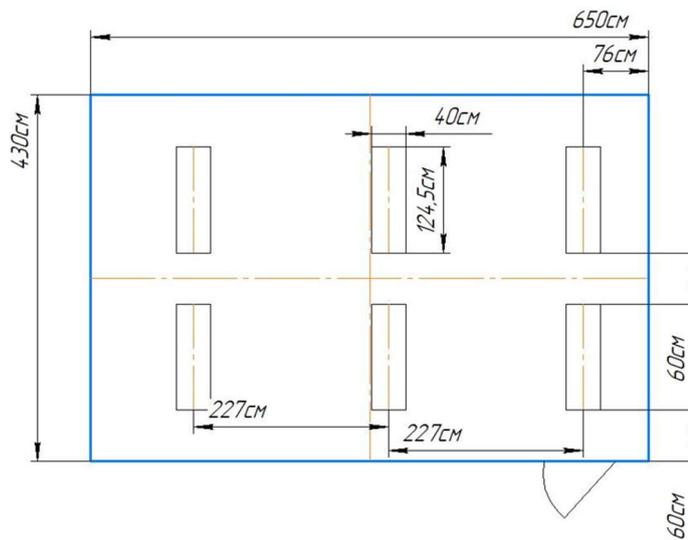


Рисунок 5.1. План помещения и размещения светильников

5.4 Экологическая безопасность

Экологическая безопасность в лаборатории, причастной к химической и нанотехнологической промышленности, производит хоть и малотоннажные, но

разнообразные остро токсичные отходы, требующих особых мер защиты атмо-, гидро-, литосферы и работников. При оценке нанотоксичности требования безопасности обращаются к научной литературе.

Воздействие на атмосферу в проектируемом решении: выбросы из вентиляционных систем, содержащие низкие концентраций аэрозолей НЧ ZnO и реагентов. Источники загрязнения – нанопорошки ZnO. Загрязнители – взвешенные высвобожденные НЧ в рабочей зоне.

Высвобождение НЧ приводит к кластеризации мобильных и устойчивых к седиментации аэрозолей. Они вызывают глобальные загрязнения [96]: кислотные дожди, отложения в водоемах, эрозию почв. Актуальны риски болезней легких работников от ингаляции веществ. ПДК в рабочей зоны равны [97]: НЧ ZnO – 0,5 мг/м³. Нормы в атмосфере городских поселений равны [98]: НЧ ZnO – ПДК_{ср.сут.} = 0,05 мг/м³.

В лаборатории ПДК НЧ ZnO не превышают норм. Меры защиты атмосферы осуществляются в рамках требований [84, 89] мероприятиями: контролем чистоты помещения, фильтрацией воздуха, только влажной уборкой помещения.

Воздействие на гидросферу в проектируемом решении: сброс суспензий и реагентов в канализацию, в сточные воды. Источниками загрязнения становятся химические реагенты и НЧ ZnO. Загрязнители – суспензии и растворы в сточных водах. Химическая лаборатория – источник более разнообразных стоков в гидросферу [99]. Химические вещества изменяют свойства воды (рН, ПАВ, жёсткость), повреждают коррозией турбины очистных сооружений Томска. Отчего, во-первых, поступает вода низкого качества [99]. Во-вторых, возникает поломка дорогого оборудования водопроводных станций. НЧ ZnO усугубляют эти процессы. В п.11 ГОСТа 17.1.3.13-86 [100] сообщается, что если концентраций вредных веществ, подлежащих сбросу в канализационную сеть, не превышают норм, то предварительная очистка воды не требуется. В лаборатории сливаются разбавленные растворы и дополнительная очистка воды не требуется.

Воздействие на литосферу в проектируемом решении: коагуляция и седиментация взвешенных НЧ ZnO на близлежащей территории. Источники –

нанопорошки ZnO. Загрязнители – НЧ ZnO, которые прилипают к обуви и диффундируют через вентиляцию, седиментируют на территории.

Попав в почву, влияние НЧ ZnO уникально от разнообразия их коллоидных свойств и реакционной активности. На близлежащей территории происходит аккумуляция НЧ в гумусе, в ингибирование всхожести растений, окислительный стресс микробиоты [8]. ПДК вредных веществ в почве регламентируется СанПиН 1.2.3685-21 [98]. Для частиц ZnO (в перерасчете на Zn) – ПДК= 28,7 мг/кг.

В лаборатории, контактирующие с НЧ ZnO отходы, согласно ГОСТ Р 56748.1-2015 [89], утилизируются отдельно. Проводится периодическая только влажная уборка согласно ПНД Ф 12.13.1-03 [84].

Воздействие на селитебную зону: аэрозоли НЧ ZnO способны преодолеть фильтры вентиляции, попасть в атмосферу, на близлежащую жилую территорию; НЧ ZnO проникают в альвеолярную область легких, раздражают слизистую, накапливаются в организме жителей.

Здание 15 корпуса ТПУ, где расположена лаборатория, находится в *пределах* (150-200 м) селитебной зоны. Отчего лаборатория по санитарной классификации интенсивности выделения вредных веществ подразделяется IV классом. Лаборатория находится внутри университетского квартала и имеет прилегающую озелененную территорию, на которой запрещен выгул собак (санитарно-защитную зону).

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В лаборатории возможны чрезвычайные ситуации (ЧС): пожар; разлив концентрированных веществ; случайное высвобождение НЧ ZnO и превышение ПДК.

Пожар. Причины возгорания в лаборатории: реагенты (гуминовая кислота и продукты её горения), токи короткого замыкания электрооборудования, перегрузка, неисправность ноутбука или электросети. Специфика лаборатории связана с наличием электрооборудования отчего в помещении вероятнее

возникновение пожаров категорий: А (пожары твердых горючих веществ и материалов (дерево, бумага, пластмасса)), В (пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (кислоты)), Е (пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением) [93].
Изоляция приборов должна защищать человека от поражения электрическим током [92].

Согласно ГОСТу 12.1.004-91 [101], в лаборатории корпуса №15 соблюдаются нормы пожарной безопасности. При ЧС срабатывает пожарная сигнализация, и оповещающая о эвакуации через два возможных выхода, согласно плану эвакуации (рис. 5.2). Предотвращение возгорания обеспечивается: сетевыми фильтрами, нанесенными на деревянные поверхности красками, наличием полиэтиленовыми клеенок, выполнением мебели из керамики.

Первичные средства пожаротушения являются: порошковый огнетушитель АВСЕ-1 Триумф, песок, пожарный кран, аптечки Мирал. При пожаре в лаборатории, работники обязаны позвонить в пожарную службу, выключить вентиляцию, включить пожарную тревогу, покинуть здание.



Рисунок 5.2. План эвакуации при пожарах и других ЧС

5.6 Выводы по разделу

Таким образом, в лаборатории представленные производственные факторы имели физический, химический характер, и безопасность от них обеспечена. Расчет освещённости показал соответствие нормам для лаборатории. Экологическая безопасность реагентов и НЧ ZnO малотоннажная, но остро токсичная для атмо-, лито-, гидросферы. Безопасность при пожаре обеспечена.

Лаборатория по электробезопасности характеризуется как пыльное помещение с химически активной средой [102], а персонал имеет I, II группу по электробезопасности, согласно Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приказ Минтруд России от 15.12.2020 г. N 903н). Тяжесть труда в лаборатории характеризуется категорией Iб (Работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением, энерготраты 140-174 Вт) [98]. По взрывопожарной и пожарной опасности помещение лаборатории приписывается к категории А (повышенная взрыво-пожароопасность) [103].

А НЧ ZnO, имеющие в данном случае значительное негативное воздействие на окружающую среду, указываются 2 категорией – умеренным негативным воздействием на окружающую среду (по обращению с отходами производства и потребления в части, касающейся отходов II класса опасности (с проектной мощностью < 0,3 т/ч) и отходов III класса (< 1 т/ч)) [104].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Fan Z., Lu J.G. Zinc oxide nanostructures: synthesis and properties // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. – 2005. – Vol.5(10). – P.1561-1573.
- 2 Yuzhen L., Lin G., Huibin X., Lu D., Chunlei Y., Jiannong W., Weikun G., Shihe Y., Ziyu W. Low temperature synthesis and optical properties of small-diameter ZnO nanorods // Journal of Applied Physics. – 2006. – Vol.99. – P.114302.
- 3 Gruzintsev A.N. Yakimov E.E. Annealing effect on the luminescent properties and native defects of ZnO // Inorganic Materials. – 2005. – Vol. 41(7). – P. 725-729.
- 4 Singh T. A., Das J., Sil P. C. Zinc oxide nanoparticles: A comprehensive review on its synthesis, anticancer and drug delivery applications as well as health risks // Advances in Colloid and Interface Science. – 2020. – P. 102317.
- 5 Turan N.B., Erkan H.S., Engin G.O., Bilgili M.S. Nanoparticles in the aquatic environment: Usage, properties, transformation and toxicity – a review // Process Safety and Environmental Protection. – 2019. – Vol.130. – P.238-249.
- 6 Dai H., Sun T., Han T., Guo Z., Wang X. Aggregation behavior of zinc oxide nanoparticles and their biotoxicity to *Daphnia magna*: influence of humic acid and sodium alginate // Environmental Research. – 2020. – Vol.191. – P.110086.
- 7 Park J., Kim S., Yoo J., Lee J.-S., Park J.-W., Jung J. Effect of salinity on acute copper and zinc toxicity to *Tigriopus japonicus*: the difference between ions and nanoparticles // Marine Pollution Bulletin. – 2014. – Vol.85. – P.526-531.
- 8 Saxena P. Toxicity assessment of ZnO nanoparticles to freshwater microalgae *Coelastrrella terrestris* // Environmental Science and Pollution Research. – 2019. – Vol. 26. – № 26. – P. 26991-27001.
- 9 Peng Y.-H., Tso C.-P., Shiung C.-E., Shih Y.-H. The effect of electrolytes on the aggregation kinetics of three different ZnO nanoparticles in water // Science of the Total Environment. – 2015. – Vol.530-531. – P.183-190.
- 10 Han Y., Kim D., Hwang G., Lee B., Eom I., Kim P. J., Tong M., Kim H. Aggregation and dissolution of ZnO nanoparticles synthesized by different methods: Influence of ionic strength and humic acid // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2014. – Vol.451. – P. 7-15.

- 11 Das S., Halder S., Khan N. I. Mechanical properties of oxidized fullerene C60/epoxy nanocomposite // *Materials Today: Proceedings*. – 2019. – Vol. 18. – P. 655-659.
- 12 Xu Y., Zhang Y., Zhang D., Ma J., Yi W., Zhang J., Shi H. Synthesis of multiwall carbon nanotubes via an inert atmosphere absent autogenetic-pressure method for supercapacitor // *Journal of Energy Storage*. – 2019. – Vol. 26. – P. 100995.
- 13 Patil M.P., Kim G.D. Marine microorganisms for synthesis of metallic nanoparticles and their biomedical applications // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2018. – Vol. 172. – P. 487-495.
- 14 Velmurugan P., Park J.H., Lee S.M., Jang J.S., Yi Y.J., Han S.S., Lee S.H., Cho K.M., Cho M., Oh B.T. Phytofabrication of bioinspired zinc oxide nanocrystals for biomedical application // *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*. – 2016. – Vol. 44(6). – P. 1529-1536.
- 15 Javadi A., Pan S., Cao C., Yao G., Li X. Facile synthesis of 10 nm surface clean TiB₂ nanoparticles // *Materials Letters*. – 2018. – Vol. 229. – P. 107-110.
- 16 Ozturk K., Arslan F.B., Tavukcuoglu E., Esendagli G., Calis S. Aggregation of chitosan nanoparticles in cell culture: Reasons and resolutions // *International Journal of Pharmaceutics*. – 2020. – Vol. 578. – P. 119119.
- 17 Demirkurt B., Cakan-Akdogan G., Akdogan Y. Preparation of albumin nanoparticles in water-in-ionic liquid microemulsions // *Journal of Molecular Liquids*. – 2019. – Vol. 295. – P. 111713.
- 18 Demianets L.N., Pouchko S.V., Gaynutdinov R.V. Fe₂O₃ single crystals: hydrothermal growth, crystal chemistry and growth morphology // *Journal of crystal growth*. – 2003. – Vol. 259, № 1-2. – P. 165-178.
- 19 Weller T., Specht L., Marschall R. Single crystal CsTaWO₆ nanoparticles for photocatalytic hydrogen production // *Nano Energy*. – 2017. – Vol. 31. – P. 551-559.
- 20 Zhu L., Yao M., Dong J., Hu K., Wang Y., Liu R., Shang Y., Kang Z., Liu, B. Study on disordered graphitic nanocarbon under pressure and their transformation into polycrystalline nanodiamond // *Chemical Physics Letters*. – 2019. – Vol. 730. – P. 491-496.

21 Bah M. A., Jaffari G. H., Shah S. I. Surface effects on the exchange bias and magnetic irreversibility in hollow polycrystalline NiFe₂O₄ nanoparticles // Surface and Coatings Technology. – 2017. – Vol. 314. – P. 35-40.

22 Shen L., Zhao B., Zhang B., Xu J., Boca M., Shi Z. Preparation and characterization of amorphous Cr₂O₃ nanoparticles obtained by solution plasma discharge // Ceramics International. – 2019. – Vol. 45, № 17. – P. 23578-23585.

23 Yang J., Han Y., Luo J., Leifer K., Stromme M., Welch K. Synthesis and characterization of amorphous magnesium carbonate nanoparticles // Materials Chemistry and Physics. – 2019. – Vol. 224. – P. 301-307.

24 Chen S., Xu C., Mao L., Liu F., Sun C., Dai L., Gao Y. Fabrication and characterization of binary composite nanoparticles between zein and shellac by anti-solvent co-precipitation // Food and Bioproducts Processing. – 2018. – Vol. 107. – P. 88-96.

25 Nakamura M., Oyane A., Kuroiwa K., Shimizu Y., Pyatenko A., Misawa M., Numano T., Kosuge H. Facile one-pot fabrication of calcium phosphate-based composite nanoparticles as delivery and MRI contrast agents for macrophages // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. – 2018. – Vol. 162. – P. 135-145.

26 Joshy K.S., George A., Jose J., Kalarikkal N., Pothen L.A., Thomas S. Novel dendritic structure of alginate hybrid nanoparticles for effective anti-viral drug delivery // International journal of biological macromolecules. – 2017. – Vol. 103. – P. 1265-1275.

27 Guo C., Xia Y., Xu Y.Z., Zheng J.F., Li Z.L. Transformation of randomly aggregated gold nanoparticles into dendritic structures by square wave potential pulses // Materials Letters. – 2011. – Vol. 65, № 15-16. – P. 2326-2329.

28 Pandi D.V., Muthukumarasamy N., Agilan S., Velauthapillai D. CdSe quantum dots sensitized ZnO nanorods for solar cell application // Materials Letters. – 2018. – Vol. 223. – P. 227-230.

29 Chu H.O., Wang Q., Shi Y.-J., Song S.-G., Liu W.-G., Zhou S., Gibson D., Alajlani Y., Li C. Structural, optical properties and optical modelling of hydrothermal

chemical growth derived ZnO nanowires // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. – 2020. – Vol. 30, № 1. – P. 191-199.

30 Chen L., Bai P., Li W. Preparation of a novel magnesium oxide nanofilm of honeycomb-like structure and investigation of its properties // Chemical engineering journal. – 2016. – Vol. 303. – P. 588-595.

31 Petrovic M., Romcevic N., Romcevic M., Stanisic G., Vasiljevic-Radovic D., Trajic J., Lazarevic Z, Kostic S. Spectroscopy characterization of MnSe nanoclusters randomly distributed in HgMnTe single crystal // Journal of crystal growth. – 2012. – Vol. 338, № 1. – P. 75-79.

32 Karvelas E.G., Karakasidis T.E., Sarris I.E. Computational analysis of paramagnetic spherical Fe₃O₄ nanoparticles under permanent magnetic fields // Computational Materials Science. – 2018. – Vol. 154. – P. 464-471.

33 Li X., Natsuki J., Natsuki T. Eco-friendly synthesis of symmetrical pyramid structured zinc oxide nanoparticles and high temperature stable UV-shielding properties of zinc oxide/polyurethane composite membranes // Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures. – 2021. – Vol. 130. – P. 114677.

34 Schwab T., Niedermaier M., Aicher K., Elsasser M. S., Zickler G.A., Diwald O. Always cubes: A comparative evaluation of gas phase synthesis methods and precursor selection for the production of MgO nanoparticles // Open Ceramics. – 2021. – Vol. 6. – P. 100104.

35 Kongvarhodom C., Nammahachak N., Tippomuang W., Fongchaiya S., Turner C., Ratanaphan S. Role of crystallographic textures on the growth of CuO nanowires via thermal oxidation // Corrosion Science. – 2021. – Vol. 193. – P. 109898.

36 Yadav R., Aruchamy K., Mondal D., Venkatesu P. Biomass-derived carbon helices induced phase transition in poly (N-isopropylacrylamide): A sustainable tailoring of coil-globule transition in thermoresponsive polymer // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. – 2020. – Vol. 187. – P. 110637.

37 Choi K.S., Chang S.P. Effect of structure morphologies on hydrogen gas sensing by ZnO nanotubes // Materials Letters. – 2018. – Vol. 230. – P. 48-52.

38 Моргалев Ю.Н., Моргалева Т.Г., Хоч Н.С., Моргалев С.Ю. Основы безопасности при обращении с наноматериалами. – 2010.

39 Buzea C., Pacheco I. Nanomaterials and their classification // EMR/ESR/EPR spectroscopy for characterization of nanomaterials. – Springer, 2017. – P. 3-45.

40 Jeyasubramanian K., Hikku G.S., Sivashakthi M. Synthesis, characterization and photo-catalytic studies of mixed metal oxides of nano ZnO and SnO_x // Materials Science in Semiconductor Processing. – 2016. – Vol. 51. – P. 25-32.

41 Morandi S., Fioravanti A., Cerrato G., Lettieri S., Sacerdoti M., Carotta M.C. Facile synthesis of ZnO nano-structures: Morphology influence on electronic properties // Sensors and Actuators B: Chemical. – 2017. – Vol. 249. – P. 581-589.

42 Зенченко В.О. Получение и стабилизация наночастиц платиновых металлов методом синтеза в микрореакторах // Успехи современной науки. – 2016. – Т. 6. – №. 11. – С. 187-192.

43 Yonezawa T. Application 78 – Preparation of metal nanoparticles and their application for materials // Nanoparticle Technology Handbook. 3rd. ed. – 2018. – P. 829-837.

44 Kolahalam L.A., Viswanath I.K., Diwakar B.S., Govindh B., Reddy V., Murthy Y.L.N. Review on nanomaterials: Synthesis and applications //Materials Today: Proceedings. – 2019. – Vol. 18. – P. 2182-2190.

45 Isik M., Gasanly N.M. The defect state of Yb-doped ZnO nanoparticles using thermoluminescence study // Materials Science in Semiconductor Processing. – 2019. – Vol. 100. – P. 29-34.

46 Abinaya C., Marikkannan M., Manikandan M., Mayandi J., Suresh P., Shanmugaiah V., Ekstrum C., Pearce J.M. Structural and optical characterization and efficacy of hydrothermal synthesized Cu and Ag doped zinc oxide nanoplate bactericides // Materials Chemistry and Physics. – 2016. – Vol. 184. – P. 172-182.

47 Saleh S.M., Soliman A.M., Sharaf M.A., Kale V., Gadgil B. Influence of solvent in the synthesis of nano-structured ZnO by hydrothermal method and their application in solar-still //Journal of environmental chemical engineering. – 2017. – Vol. 5. – №. 1. – P. 1219-1226.

48 Zhang W., Guo L.P., Deng Q.W., Li M.X. ZnO nano-sized particles preparation by laser ablation in liquids // *Optik*. – 2019. – Vol. 196. – P. 163195.

49 Chen W., Yao C., Gan J., Jiang K., Hu Z., Lin J., Xu N., Sun J., Wu J. ZnO colloids and ZnO nanoparticles synthesized by pulsed laser ablation of zinc powders in water // *Materials Science in Semiconductor Processing*. – 2020. – Vol. 109. – P. 104918.

50 Hattori Y., Mukasa S., Toyota H., Inoue T., Nomura S. Synthesis of zinc and zinc oxide nanoparticles from zinc electrode using plasma in liquid // *Materials Letters*. – 2011. – Vol. 65. – №. 2. – P. 188-190.

51 Vinotha V., Iswarya A., Thaya R., Govindarajan M., Alharbi N.S., Kadaikunnan S., Khaled J.M., Al-Anbr M.N., Vaseeharan B. Synthesis of ZnO nanoparticles using insulin-rich leaf extract: Anti-diabetic, antibiofilm and anti-oxidant properties // *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. – 2019. – Vol. 197. – P. 111541.

52 Melendrez M.F., Solis-Pomar F., Gutierrez-Lazos C.D., Flores P., Jaramillo A.F., Fundora A., Perez-Tijerina E. A new synthesis route of ZnO nanonails via microwave plasma-assisted chemical vapor deposition // *Ceramics International*. – 2016. – Vol. 42. – №. 1. – P. 1160-1168.

53 Sagheer R., Khalil M., Abbas V., Kayani Z.N., Tariq U., Ashraf F. Effect of Mg doping on structural, morphological, optical and thermal properties of ZnO nanoparticles // *Optik*. – 2020. – Vol. 200. – P. 163428.

54 Isik M., Gasanly N.M. Gd-doped ZnO nanoparticles: Synthesis, structural and thermoluminescence properties // *Journal of Luminescence*. – 2019. – Vol. 207. – P. 220-225.

55 Koutu V., Suboni O., Shastri L., Malik M. M. Study the effect of dip in reaction temperature on thermal and electrical properties of ZnO nanoparticles // *Advanced Powder Technology*. – 2018. – Vol. 29. – P. 2016-2069.

56 Sridar R., Ramanane U. U., Rajasimman M. ZnO nanoparticles – Synthesis, characterization and its application for phenol removal from synthetic and

pharmaceutical industry wastewater // Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management. – 2018. – Vol. 10. – P. 388-393.

57 Neupane G. R., Kaphle A., Hari P. Microwave-assisted Fe-doped ZnO nanoparticles for enhancement of silicon solar cell efficiency // Solar Energy Materials and Solar Cells. – 2019. – Vol. 201. – P. 110073.

58 Singh G. P., Aman A. K., Singh R. K., Roy M. K. Effect of low Co-doping on structural, optical, and magnetic performance of ZnO nanoparticles // Optik. – 2020. – Vol. 203. – P. 163966.

59 Khan M., Khan M. S.A., Borah K.K., Goswami Y., Hakeem K.R., Chakrabartty I. The potential exposure and hazards of metal-based nanoparticles on plants and environment, with special emphasis on ZnO NPs, TiO₂ NPs, and AgNPs: A review // Environmental Advances. – 2021. – Vol. 6. – P. 100128.

60 Sayadi M.H., Pavlaki M.D., Martins R., Mansouri B., Tyler C.R., Kharkan J., Shekari H. Bioaccumulation and toxicokinetics of zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) co-exposed with graphene nanosheets (GNs) in the blackfish (*Capoeta fusca*) // Chemosphere. – 2021. – Vol. 269. – P. 128689.

61 Tavabe K.R., Kuchaksaraei B.S., Javanmardi S. Effects of ZnO nanoparticles on the Giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*, de Man, 1879): Reproductive performance, larvae development, CHH concentrations and anti-oxidative enzymes activity // Animal Reproduction Science. – 2020. – Vol. 221. – P. 106603.

62 Song U., Lee S. Phytotoxicity and accumulation of zinc oxide nanoparticles on the aquatic plants *Hydrilla verticillata* and *Phragmites Australis*: leaf-type-dependent responses // Environmental Science and Pollution Research. – 2016. – Vol. 23. – № 9. – P. 8539-8545.

63 Akhil K., Klan S.S. Effect of humic acid on the toxicity of bare and capped ZnO nanoparticles on bacteria, algal and crustacean system // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. – 2017. – Vol. 167. – P. 136-149.

64 Wu F., Sokolova I.M. Immune responses to ZnO nanoparticles are modulated by season and environmental temperature in the blue mussels *Mytilus edulis* // Science of The Total Environment. – 2021. – Vol. 801. – P. 149786.

65 da Costa Araujo A.P., Lima V.S., de Andrade Vieira J.E., Mesak C., Malafaia G. First report on the mutagenicity and cytotoxicity of ZnO nanoparticles in reptiles // Chemosphere. – 2019. – Vol. 235. – P. 556-564.

66 Yu Q., Wang Z., Wang G., Peijnenburg W.J., Vijver M.G. Effects of natural organic matter on the joint toxicity and accumulation of Cu nanoparticles and ZnO nanoparticles in *Daphnia magna* // Environmental Pollution. – 2022. – Vol. 292. – P. 118413.

67 Janani B., Raju L.L., Thomas A.M., Alyemeni M.N., Dudin G.A., Wijaya L., Alsahli A.A., Ahmad P., Khan S.S. Impact of bovine serum albumin-A protein corona on toxicity of ZnO NPs in environmental model systems of plant, bacteria, algae and crustaceans // Chemosphere. – 2021. – Vol. 270. – P. 128629.

68 Hu C., Liu X., Li X., Zhao Y. Evaluation of growth and biochemical indicators of *Salvinia natans* exposed to zinc oxide nanoparticles and zinc accumulation in plants // Environmental Science and Pollution Research. – 2014. – Vol. 21. – № 1. – P. 732-739.

69 Asztemborska M., Bembenek M., Jakubiak M., Stęborowski R., Bystrzejewska-Piotrowska G. The effect of nanoparticles with sorption capacity on the bioaccumulation of divalent ions by aquatic plants // International Journal of Environmental Research. – 2018. – Vol. 12. – № 2. – P. 245-253.

70 Zhao T., Fang M., Tang Z., Zhao X., Wu F., Giesy J. P. Adsorption, aggregation and sedimentation of titanium dioxide nanoparticles and nanotubes in the presence of different sources of humic acids // Science of The Total Environment. – 2019. – Vol. 692. – P. 660-668.

71 Liu X., Chen G., Su C. Effects of material properties on sedimentation and aggregation of titanium dioxide nanoparticles of anatase and rutile in the aqueous phase // Journal of colloid and interface science. – 2011. – Vol. 363, № 1. – P. 84-91.

72 Adam V., Loyaux-Lawniczak S., Labille J., Galindo C., Del Nero M., Gangloff S., Weber T. Quaranta G. Aggregation behaviour of TiO₂ nanoparticles in natural river water // Journal of Nanoparticle Research. – 2016. – Vol. 18(1). – P. 1-11.

73 Wang X., Sun T., Zhu H., Han T., Wang J., Dai H. Roles of pH, cation valence, and ionic strength in the stability and aggregation behavior of zinc oxide nanoparticles // Journal of Environmental Management. – 2020. – Vol. 267. – P. 110656.

74 Ren M., Horn H., Frimmel F. H. Aggregation behavior of TiO₂ nanoparticles in municipal effluent: Influence of ionic strength and organic compounds // Water research. – 2017. – Vol. 123. – P. 678-686.

75 Hsiung C.E., Lien H.L., Galliano A.E., Yeh C.S., Shih, Y.H. Effects of water chemistry on the destabilization and sedimentation of commercial TiO₂ nanoparticles: Role of double-layer compression and charge neutralization // Chemosphere. – 2016. – Vol. 151. – P. 145-151.

76 Касимова Л.В. Способ получения стимулятора роста растений. Патент РФ 2213452, приоритет от 06.06.2001.

77 Qiu Y., Mu Z., Wang N., Wang X., Xu M., Li H. The aggregation and sedimentation of two different sized copper oxide nanoparticles in soil solutions: Dependence on pH and dissolved organic matter // Science of the Total Environment. – 2020. – Vol.731. – P.139215

78 Бутова В. В., Поляков В. А., Ерофеева Е. А., Ли Ч., Солдатов М. А., Солдатов А. В. Синтез наночастиц оксида цинка, покрытых оксидом кремния // Доклады Российской академии наук. Химия, науки о материалах. – 2020. – Т. 492. – №. 1. – С. 5-9.

79 Omar F. M., Aziz H. A., Stoll S. Aggregation and disaggregation of ZnO nanoparticles: influence of pH and adsorption of Suwannee River humic acid // Science of the total environment. – 2014. – Т. 468. – С. 195-201.

80 Wang D., Wang P., Wang C., Ao Y. Effects of interactions between humic acid and heavy metal ions on the aggregation of TiO₂ nanoparticles in water environment // Environmental Pollution. – 2019. – Т. 248. – С. 834-844.

81 Катькало В.С., Веселова А.С., Смельцова С.В. Методические указания для подготовки курсового проекта «SWOT-анализ». – Москва: Высшая школа бизнеса НИУ ВШЭ, 2021. – 51 с.

82 Гаврикова Н.А. Тухватулина Л.Р., Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Шаповалова Н.В. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 73 с.

83 Трудовой кодекс Российской Федерации № 197-ФЗ (ред. от 01.03.2022). – Москва, 2001. – 290 с.

84 ПНД Ф. 12.13. 1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения). – 2003.

85 ГОСТ Р. 50923-96. Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. – 2008.

86 ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. - 2001.

87 ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

88 ГОСТ 10262-73 Реактивы. Цинка окись. Технические условия.

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

90 ГОСТ 12.1.001-89. Ультразвук. Общие требования безопасности.

91 ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий нормы и методы измерений.

92 ГОСТ 12.2.007.0-75. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

93 Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от

30.04.2021): [принят Государственной думой 4 июля 2008 года]. – Москва, 2008. – 117 с.

94 Выявление наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека: (МР 1.2.2522–09): методические рекомендации: утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 01.07.2009: введены в действие 02.07.2009. – Москва: ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, 2009. – 35 с.

95 Естественное и искусственное освещение: (СП 52.13330.2016): свод правил: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 7 ноября 2016 г. N 777/пр: введен в действие 08.05.2017. – Москва: Минстрой России, 2017. – 102 с.

96 Анциферова И.В. Источники поступления наночастиц в окружающую среду // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – №.2. – Р. 54-66.

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

98 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: (СанПин 1.2.3685-21): санитарные правила и нормы: утвержден постан. глав. гос. санитар. врача РФ от 28.01.2021 N 2. – Москва: Минюст, 2008. – 1143 с.

99 Соловьёв Н.А., Широкова И.Г. Источники химического загрязнения и их влияние на гидросферу и здоровье человека // Царскосельские чтения. – 2011. – №XV. – Р. 402–409.

100 ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.

101 ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

102 Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание седьмое. – Москва: Издательство НЦ ЭНАС, 2002. – 500 с.

103 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: (СП 12.13130.2009): свод правил: утвержден Приказом МЧС России от 25 марта 2009 г. N 182. – Москва: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 35 с.

104 Российская Федерация. Постановление. Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий: Постановление от 31 декабря 2020 г. N 2398: [принят правительством РФ от 31.12.2020]. – Москва: Правительство РФ, 2020. – 11 с.

СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

1 Юдникова А.А., Ошкин Д.А. Влияние гуминовых кислот на наночастицы ZnO // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 27-30 апреля 2021 г. Т. 2: Химия. – Томск, 2021. – Томский политехнический университет, 2021. – Т. 2. – С. 280-282.

2 Юдникова А.А., Годымчук А.Ю. Изменение коллоидных свойств наночастиц ZnO в водных растворах гуминовых кислот. // Вестник Томского государственного университета. Химия. – 2021. – № 24. – С. 19–26.

3 Yudnikova A., Godymchuk A. Effect of Humic Acids on ZnO Nanoparticles // Abstracts of the 7th International Conference on Agriculture, Animal Science and Rural Development, Bingol, Turkey, 18-19 September 2021. – Bingol, Turkey: Muş Alparslan University, 2021, P. 21.

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

5 Юдникова А.А., Годымчук А.Ю. Повышенная коллоидная стабильность наночастиц // III Всероссийская научно-практическая конференция с участием молодых ученых "Современные тенденции развития химической технологии, промышленной экологии и экологической безопасности" 7-8 апреля 2022 г. – 2022. – в печати.

Приложение А Literature review

Раздел 1 Литературный обзор

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ02	Юдникова Арина Александровна		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения иностранных языков	Демьяненко Наталия Владимировна	-		

CHAPTER 1. LITERATURE REVIEW

1.1. Nanopowders: classification, production, application

1.1.1. Definition and classification of nanoparticles

Nanoparticles (NPs) are particles ranging in size from 1 to 100 nm and characterized by some special physical and chemical properties such as surface area, surface charge, degree of agglomeration and particle morphology [5].

Depending on various characteristics, NPs are classified according to their chemical composition, structure, size, and morphology.

According to the chemical composition of NPs are distinguished carbon (for example, fullerenes [11], carbon nanotubes [12]), metal (metals [13], their oxides [14] and borides [15]) and polymeric (chitosan [16], albumin [17]).

According to their structure, NPs are single-crystal (single-crystal Fe₂O₃ [18], single-crystal CsTaWO₆ particles [19]), polymicrocrystalline (polycrystalline nanodiamond [20], NP NiFe₂O₄ [21]), amorphous (NP Cr₂O₃ [22], NP MgNO₃ [23]), nanocomposite (NP zein -shellac [24], magnetic composite iron oxide NPs [25]), dendrimers (alginate hybrid NPs [26], dendritic gold [27]).

According to the dimension, there are zero-dimensional (D0, quantum dots [28], nanoparticles [13]), one-dimensional D1, (nanowires [29], nanotubes [12]), two-dimensional (D2, nanofilms [30]) and three-dimensional (D3, nanoclusters [31]).

According to the morphology, NPs come with a low aspect ratio (spherical [32], pyramidal [33], cubic [34], etc.) and NPs with a high aspect ratio (nanowires [35], nanospirals [36], nanotubes [37], etc.) [38].

ZnO NPs belong to the class of metal particles, but the shape (Fig. 1.1) and particle size may differ [40-41].

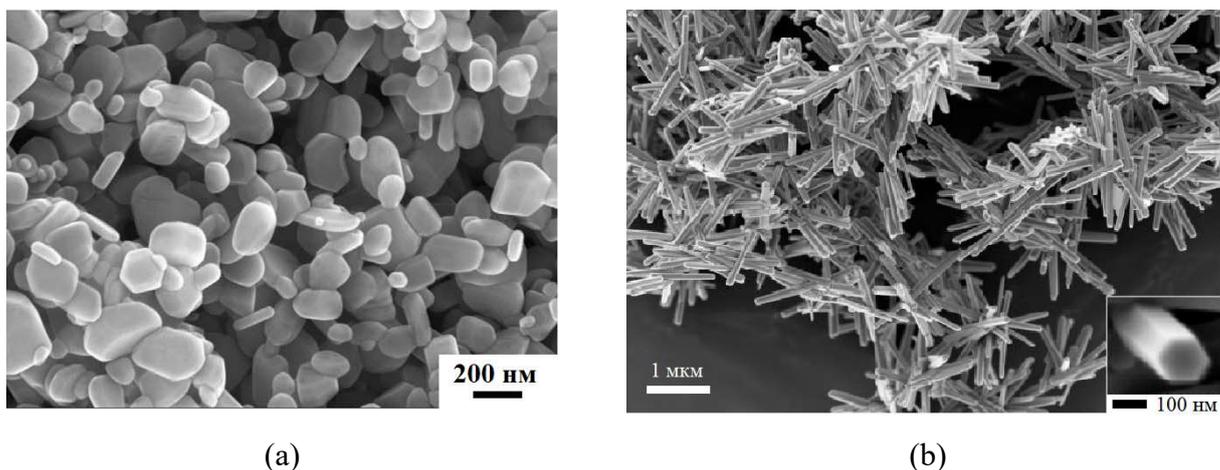


Figure 1.1. Images of ZnO NPs a) in the form of ZnO spheres with dimensions of 150...200 nm [40] and b) hexagonal prisms with a width of 50...150 nm [41].

1.1.2. Preparation of ZnO nanoparticles

Methods for obtaining nanoparticles are very diverse and depend on the properties that the particles should have. Conventionally, they are divided into physical, chemical and biological. Physical methods of obtaining are based on the crushing of bulk metal, usually in a stream of inert gas. However, this production method is expensive and does not solve the problem of nanoparticle stabilization [42]. Chemical methods are based on the reduction of metal ions to atoms, followed by controlled aggregation to the desired size. As a rule, chemical processes are carried out quickly, and they are considered cost-effective processes. The disadvantage of this method is the finding of a reducing agent, the nature of which affects the purity of the resulting NPs [43]. Biological methods are based on the synthesis of nanomaterials using various natural objects, such as plant leaves, bacteria, fungi, algae, etc. [44]. Usually these methods are single-stage and environmentally friendly, which is their undoubted advantage.

To obtain ZnO NPs, physical, chemical, and environmental methods are used.

The sol-gel method is the creation of a solution, followed by stirring with a magnetic stirrer, calcination for several hours and grinding. This method of NP preparation makes it possible to obtain doped and undoped ZnO NPs for various applications, so ZnO particles with a size of 60-120 nm [45] (Fig. 1.2a) were obtained.

The hydrothermal method is a promising method for the synthesis of high purity materials with homogeneous composition control without the need for high

temperature calcination and crushing processes, which saves both energy and costs. It is relatively easy to control the purity, composition, size and shape of the powder crystals. Thus, ZnO NPs with dimensions of 35 nm were obtained (Fig. 1.2b) [46]. Also, using this method, ZnO nanorods were synthesized, having a length of about 100 nm and a diameter of 10...15 nm [47].

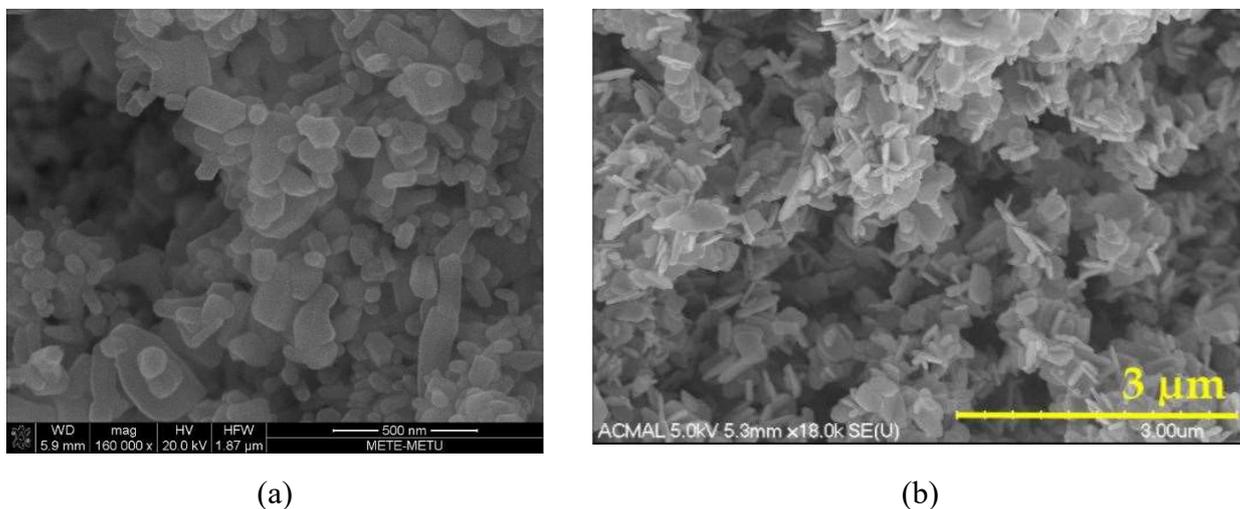


Figure 1.2. Image of ZnO NPs synthesized a) by the sol-gel method [45] and b) by the hydrothermal method [46]

In [48], ZnO NPs with a size of 16...60 nm was fabricated by means of a liquid-phase process. ZnO (wurtzite) NPs with a size of 10-50 nm have also been synthesized by ablation of zinc powders dispersed in water using a pulsed laser beam [49].

In addition to physical and chemical methods for the synthesis of ZnO NPs, environmental methods are also being developed in the modern world. So, in [14] it is proposed to synthesize ZnO NPs with a size of 10 ... 100 nm (Fig. 1.3a) using an extract of pine cones (*Pinus densiflora*), reducing zinc nitrate with the main phytochemicals present in the extract of a young cone, which are necessary for doping transition ions metals with the formation of ZnO nanocrystals.

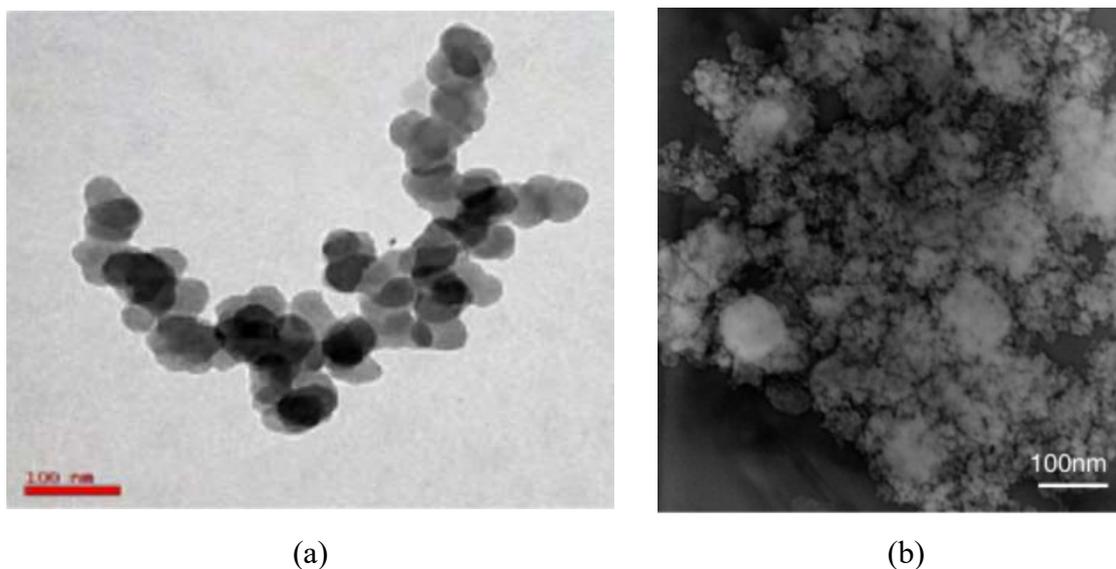


Figure 1.3. Image of ZnO NPs synthesized a) with pine cone extract [14] and b) with microwave plasma in liquid [50]

Another paper [51] proposes the synthesis of ZnO (wurtzite) NPs with a size of 25–40 nm using a plant extract, in which zinc acetate was reduced using a basic aqueous solution of the *Costus igneus* Nak (spiral flag) leaf extract. The precipitate was collected by centrifugation followed by washing in distilled water and ethanol.

NPs are effectively synthesized by microwave plasma in a liquid, so ZnO particles with sizes of 50...100 nm were obtained (Fig. 1.3b) using a 250 W microwave oven [50]. For the experiment, a coaxial electrode was used, consisting of a zinc inner electrode, a Teflon coating, and a brass outer electrode. In addition, a brass disk was fixed to the coaxial electrode, to which a zinc plate was attached, facing the coaxial electrode. Plasma was generated in a 100 ml liquid around the tip of the inner electrode at 20 kPa using a microwave oven for 30 s. Another method for synthesizing nanoparticles is the method of microwave plasma chemical deposition. In [52], zinc oxide nanofibers with sizes from 25 to 450 nm were grown using this method; a wide size distribution is due to the formation of oxygen vacancies.

1.1.3. Applications of ZnO nanoparticles

ZnO NPs have unique structural, optical, electronic, and chemical properties that differ from their bulk analog [53]. Due to its excellent properties such as low cost, availability, good stability together with excellent physical properties including high

optical transparency, high electron mobility, wide forward band gap (~ 3.37 eV in volume) and large exciton binding energy (~ 60 meV), ZnO is considered one of the most promising materials for a wide range of current and potential applications [41].

ZnO NPs are promising for the fabrication of optoelectronic, piezoelectric, and photochemical materials [49]. Optoelectronic technology takes advantage of ZnO NPs to make devices such as light emitting diodes, lasers, solar cells, field displays [45], as well as sensors and biomedical devices [54].

ZnO NPs synthesized by surfactant co-deposition with increasing reaction temperature show high conductivity, high dielectric constant, and high dielectric loss with decreasing particle size. Such particles can be used in the manufacture of nanoelectronic devices, sensors, transducers, dielectrics, etc. [55].

Due to their photocatalytic and antibacterial properties, ZnO NPs are actively introduced into the composition of sunscreens and cosmetics [5], baby powders, anti-dandruff shampoos and antiseptic creams [46].

The use of ZnO NPs to protect the environment from anthropogenic impact is topical. Thus, in [56] it was found that the efficiency of phenol removal by ZnO NPs from wastewater reaches 82%.

The existing physical and chemical properties of zinc oxide can be effectively adapted by doping a suitable element into the matrix, greatly expanding the range of possible applications [53]. Thus, in [57] a method for doping ZnO NPs with iron for coating silicon solar cells is proposed. This method improves the solar absorption efficiency by 30%. In another work [58], it is proposed to dope zinc oxide NPs with cobalt to enhance the optical and magnetic characteristics. According to the authors, such nanoparticles will find their application in spintronics, optoelectronics, and photocatalysts.

1.2. Properties of nanoparticles in the hydrosphere

1.2.1. Effect of nanoparticles on hydrobionts

NPs can be released into the hydrosphere accidentally as a result of human activities or intentionally when they are used for groundwater restoration and soil

decomposition and wastewater management [59]. In aqueous media for ZnO NPs, a toxic effect on hydrobionts is observed (Table 1.1), which is accompanied by the accumulation of zinc in aquatic organisms [60] and a decrease in their viability [61], as well as suppression of the growth of hydrophytes [8]. At the same time, the behavior of NPs depends on many factors, such as the concentration of NPs [8], plant species [62], the presence of organic matter in the aquatic environment [6, 63], etc. At the same time, a decrease in chlorophyll in plants is noted, which inhibits their growth.

Table 1.1. Influence of NPs on hydrobionts

Nanoparticles	Experiment conditions	Main results	Reference
ZnO Sigma-Aldrich Co. (USA) 50 nm 10...100 mg·L ⁻¹	Shrimp (n = 400) Water temperature: 28 ± 2 °C In water: [O ₂] = 7 ± 1 mg·L ⁻¹ [N] = 0.3 mg·L ⁻¹	<ul style="list-style-type: none"> - At [ZnO]=100 mg·L⁻¹, the broodstock did not spawn, and at 50 mg·L⁻¹, the shrimp spawned, but after hatching, all the larvae were not viable. - With an increase in [ZnO], the larval dry weight and larval survival variables were markedly less than those for the control group. - In the control group, the percentage of viable eggs and egg weight were 97% and 26 µg, while at 50 mg·L⁻¹, the values of these variables were 23% and 19 µg, respectively 	[61]
ZnO Sigma-Aldrich Sweden AB (Stockholm, Sweden) 30 nm Hydrodynamic size ~817 nm ξ- potential -9.6 mV 10 и 100 µg·L ⁻¹	Blue Mussels (<i>Mytilus edulis</i>) Artificial sea water (salinity 15) Winter: 10 °C Summer: 15 °C	<ul style="list-style-type: none"> - Exposure to [NP] = 100 µg·L⁻¹ increased the mortality of mussel hemocytes regardless of temperature or season. Despite the increased mortality, the total number of hemocytes did not change. - A significant decrease in the adhesion of hemocytes in winter mussels was found at [LF]=100 µg·L⁻¹. - Exposure to 10-100 µg·L⁻¹ stimulated phagocytosis in hemocytes. The immune system of mussels can recognize NPs as foreign materials, which leads to increased phagocytosis. 	[64]
ZnO	Black fish (<i>Capoeta fusca</i>) n=150	- After 7 days of exposure to all [NPs], Zn accumulation in various tissues was as follows: intestine >	[60]

<p>3302 Twig Leaf Lane (Houston, USA) 26 nm 100 mg·L⁻¹</p>	<p>[ZnO] = 0,04 mg·L⁻¹ и 0,09 mg·L⁻¹ pH = 7.8 ± 0.3 [O₂] = 6.5 ± 0.4 mg·L⁻¹ t = 22.7 ± 2 °C</p>	<p>gills > kidneys > liver. The intestine contained the highest Zn levels of 1.47 and 1.71 mg·kg⁻¹ for concentrations of 0.04 and 0.09 mg·L⁻¹, respectively (0.16 mg·kg⁻¹ in the control group). - Zn derived from NP exposure accumulates in various body tissues over the exposure period to levels approximately 7-12 times higher than the levels of Zn found in control organisms.</p>	
<p>ZnO Sigma Aldrich (USA) 69 nm</p>	<p>Amazonian tortoise (<i>Podocnemis expansa</i>) 30 fry [ZnO]= 440 и 440·10³ µg·kg⁻¹ t = 24 °C</p>	<p>- RBC abnormalities have been observed with NP exposure, including micronucleated, binuclear, and non-nucleated RBCs in addition to blistered or symmetrical/asymmetric RBCs and RBCs with motile nuclei. - Erythrocytes with larger area and perimeter were observed in turtles exposed to NPs (440 µg·kg⁻¹), while the area and perimeter of nuclei were smaller in models exposed to the highest dose. - ZnO NPs cause mutagenic and cytotoxic damage in <i>P. expansa</i> even at low doses with short-term exposure.</p>	<p>[65]</p>
<p>ZnO Plasmachem GmbH (Germany) Cu IoLiTec GmbH (Germany) Spherical, 25 nm</p>	<p><i>Daphnia magna</i> [ZnO] = 0,5...100 mg·L⁻¹ [Cu] = 0,01...7 mg·L⁻¹ Natural dissolved organic matter (DOM) of the Suwannee River: 0...20 mg·L⁻¹</p>	<p>- Acute toxicity of Cu NPs is higher than that of ZnO NPs - With an increase in the concentration of DOM (1...20 mg·L⁻¹), the toxicity of Cu NPs decreased, while for ZnO NPs, the mortality of individuals increased - The joint toxic effect of Cu and ZnO NPs was higher than the effect of these particles separately. - The presence of DOM significantly increased the accumulation of NPs in <i>D. magna</i>, when they were combined.</p>	<p>[66]</p>
<p>ZnO Chemical codeposition method 65 nm</p>	<p><i>Allium cepa</i> [ZnO] = 0...100 µg·mL⁻¹ Bovine serum albumin (BSA): 100 µg·mL⁻¹ <i>P. aeruginosa</i> и <i>S. aureus</i> Blue-green algae (<i>C. pyrenoidosa</i>) <i>Daphnia</i> sp.</p>	<p>- ZnO NPs were toxic to <i>A. cepa</i> root cells, but there was low toxicity in root cells to BSA-treated ZnO NPs - In the absence of BSA, NPs showed 99% toxic effect on both bacterial strains at a concentration of 25 mg·L⁻¹. At 0.1 mg·L⁻¹, the</p>	<p>[67]</p>

	<p>[ZnO] = 0...25 mg·L⁻¹</p>	<p>level of toxicity of pure ZnO NPs reached 54 and 42% against <i>P. aeruginosa</i> and <i>S. aureus</i>, respectively. NPs coated with BSA showed a significant decrease in antibacterial activity.</p> <ul style="list-style-type: none"> - The presence of BSA significantly reduced the toxicity of ZnO NPs to algae. Thus, at a NP concentration of 0.1 mg·L⁻¹ on the 7th day, the toxicity was 20%, while in the presence of BSA it was 2%. - Toxicity of pure ZnO at a concentration of 0.1 mg/l against <i>Daphnia</i> sp. was 39%, and at a concentration of 25 mg·L⁻¹ - 99%. In the presence of BSA, the toxicity was 12% and 57% at 0.1 and 25 mg·L⁻¹ ZnO NPs, respectively. 	
--	---	---	--