

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

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Влияние промышленных наночастиц диоксида титана на корнеобразование пшеницы

УДК 661.882'022-14:633.11:635.073

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМОИ	Алпысбай Бекжан Бауыржанулы		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук	Меньшикова Е.В.	к.фил.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения материаловедения	Панин С.В.	д.т.н., профессор		

Томск – 2022 г.

Планируемые результаты обучения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
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 обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.
ПК(У)-2	Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения
ПК(У)-3	Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности
ПК(У)-4	Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
ПК(У)-5	Способен выполнять перевод технической литературы на иностранном языке, связанной с профессиональной деятельностью в области материаловедения
ПК(У)-6	Способен определять соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам; прогнозировать и описывать процесс достижения заданного уровня свойств в материале
ПК(У)-7	Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики
ПК(У)-8	Способен моделировать процессы обработок и прогнозировать результаты их осуществления при различных режимах с использованием стандартных пакетов компьютерных программ и средств автоматизированного проектирования

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ С.В. Панин
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМОИ	Алпысбай Бекжан Бауыржанулы

Тема работы:

Влияние промышленных наночастиц диоксида титана на корнеобразование пшеницы	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 33-29 от 02.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2022 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1) Литературные источники: базы данных www.sciencedirect.com , www.intechopen.com , www.nanoscalereslett.springeropen.com , www.nature.com , www.researchgate.net , www.hindawi.com . 2) Оборудование и лабораторный инвентарь НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии» отделения материаловедения Томского политехнического университета 3) Объекты исследования: наночастицы TiO ₂ , семена пшеницы. 4) Требования к результатам: зависимости, описывающие влияние размера и концентрации наночастиц TiO ₂ на биометрические параметры пшеницы.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) провести литературный обзор по свойствам, применению, получению и биологическим свойствам наночастиц TiO ₂ ; 2) провести дисперсионный анализ наночастиц TiO ₂ исследования с помощью просвечивающей электронной микроскопии; 3) показать влияние размера и концентрации наночастиц TiO ₂ на длину корня, всхожесть и корневой индекс проростков пшеницы; 4) показать влияние условий культивирования на биометрические свойства проростков.
Перечень графического материала	Микрофотографии наночастиц TiO ₂ , кривые распределения частиц по размерам, фотографии проростков пшеницы, графики изменения биометрических параметров проростков пшеницы в зависимости от концентрации и размера наночастиц TiO ₂ .
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Е.В.
Социальная ответственность	Антоневич О.А.
Раздел на иностранном языке	Демидова О.М.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:	
Литературный обзор; экспериментальная часть; результаты и их обсуждение; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность	
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Экспериментальная часть; результаты и их обсуждение;	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ0И	Алпысбай Б.Б.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа написана на 97 страницах и включает 16 рис., 27 табл., 145 источников, 1 прил.

Ключевые слова: наночастицы TiO_2 , фитотоксичность, проростки пшеницы, суспензии, электронная микроскопия.

Объектом исследования являются наночастицы диоксида титана TiO_2 .

Цель работы – определение влияния концентрации и размера наночастиц TiO_2 на биометрические параметры проростков высших растений.

Результатом работы являются концентрационные зависимости влияния наночастиц TiO_2 со средним размером 23, 47 и 100 нм на биометрические параметры проростков пшеницы в разных условиях культивирования побегов. Показано, что замачивание семян с добавлением 10 мг/л наночастиц TiO_2 может стимулировать корнеобразование пшеницы, но при увеличении концентрации до 1000 мг/л положительное влияние наночастиц ослабляется. При этом с уменьшением размера частиц длина корня проростка увеличивается, а всхожесть уменьшается.

Область применения: данные, полученные в результате исследования, могут быть использованы для прогнозирования воздействия наночастиц на пшеницу.

Экономическая значимость работы: замачивание семян с добавлением наночастиц TiO_2 может стимулировать корнеобразование пшеницы: например, при концентрации наночастиц TiO_2 10 мг/л длина 2-суточного корня проростка увеличивается на 35% по сравнению с контролем.

Используемые в работе сокращения:

TiO_2 -32 – наночастицы TiO_2 со средним размером 32 нм;

TiO_2 -47– наночастицы TiO_2 со средним размером 47 нм;

TiO_2 -100 – наночастицы TiO_2 со средним размером 100 нм;

R, $\pm\%$ – степень стимулирования развития корня;

G, % – энергия прорастания;

RI, уд.ед.– корнеобеспеченность растения.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	9
1.1. Наночастицы.....	9
1.1.1 Определение и классификация наночастиц.....	9
1.1.2 Свойства наночастиц TiO_2	10
1.1.3. Методы синтеза наночастиц TiO_2	12
1.1.4. Применение наночастиц TiO_2	15
1.2. Биологические свойства наночастиц TiO_2	16
1.2.1. Стимулирующие свойства	16
1.2.2. Фитотоксичность наночастиц TiO_2	17
1.2.3. Влияние размера и концентрации наночастиц на фитотоксичность	18
1.3. Постановка задачи исследования	20
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	22
2.1. Объекты исследования	22
2.2. Определение морфологии наночастиц	22
2.3. Приготовление растворов и суспензий.....	23
2.3.1. Приготовление раствора Хьюитта.....	23
2.3.2. Приготовление суспензий наночастиц.....	23
2.4. Исследование биологических свойств наночастиц	24
2.4.1. Замачивание семян.....	24
2.4.2. Культивирование проростков.....	25
3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	27
3.1. Характеристика исследуемых наночастиц.....	27
3.2. Влияние наночастиц на 2-суточные проростки.....	28
3.2.1. Влияние концентрации наночастиц	28
3.2.2. Влияние размера наночастиц.....	29
3.3. Влияние наночастиц на 9-суточные проростки	31
3.3.1. Влияние концентрации наночастиц	31
3.3.2. Влияние условий культивирования побега.....	32

3.3.3. Влияние размера наночастиц	33
3.4. Выводы.....	34
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	37
4.1 Предпроектный анализ.....	38
4.1.1. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	38
4.1.2. SWOT-анализ	39
4.2 Инициация проекта	42
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом	43
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	50
4.5. Выводы.....	51
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	55
5.1 Введение	55
5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	56
5.3 Производственная безопасность	58
5.3.1 Расчет освещенности помещения НИР.....	60
5.4 Экологическая безопасность	62
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	64
5.6 Выводы.....	65
6. ПУБЛИКАЦИИ СТУДЕНТА	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	67
Приложение I	83

ВВЕДЕНИЕ

Наночастицы диоксида титана (TiO_2) нашли свое применение в катализе [1], фармацевтике [2], экологии [3], солнечной энергетике [4], аэрокосмической промышленности [5], пищевой индустрии [6] и других практических приложениях. Возрастающее применение закономерно приводит к увеличению объёма производства наночастиц, а, следовательно, созданию источников их выделения в окружающую среду [7], неизбежно допускает потенциальный риск для здоровья людей, домашнего скота и экосистемы [8].

Разными авторами продемонстрировано, что наночастицы TiO_2 могут оказывать как токсичное так и стимулирующее действие по отношению к растениям [9]. Анализ литературы показал, что проведенные эксперименты трудно сопоставимы между собой как по видовой специфике объекта, так и по свойствам самих наночастиц, вследствие чего полученные результаты неоднозначны, а иногда противоречивы. Недостаток экспериментальных данных не позволяет прогнозировать биологическую активность и классифицировать наночастицы TiO_2 как загрязнители окружающей среды.

Целью выпускной квалификационной работы являлось определение влияния концентрации и размера наночастиц TiO_2 на биометрические параметры проростков высших растений.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Наночастицы

1.1.1 Определение и классификация наночастиц

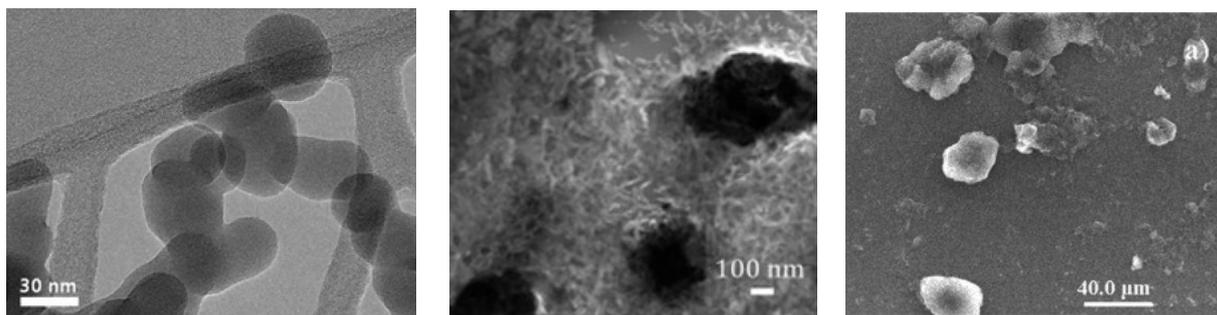
Наночастицы (НЧ) представляют собой частицы, размер которых хотя бы одним измерением составляет менее 100 нм [10].

НЧ в целом подразделяются на различные категории в зависимости от их морфологии, размера и химических свойств.

Существуют разные классификации наночастиц [11]. Например, в зависимости от размерности НЧ могут быть нульмерными (0D, например, частицы представляют собой сферические или квазисферические НЧ с размером менее 100 нм [12]), одномерными (1D, структурированные материалы имеют наномасштаб в двух измерениях, например, нанотрубки, нановолокна, нанопроволоки и наностержни [13],) двумерными (2D, наноматериалы состоят из тонких слоев, толщина которых может составлять как минимум один атомный слой, например, графен, нанопленки, нанослои и нанопокртия [14]) и трехмерными (3D, это материалы, которые не ограничиваются наномасштабом ни в одном измерении, объемные порошки, пучки нанопроволок и нанотрубок, а также мультинамослои [15]).

По размеру НЧ делят на компактные и нанодисперсные. К первым относятся так называемые «наноструктурированные» материалы, состоящие из непосредственно контактирующих между собой нано-объектов. В отличие от этого, нанодисперсии состоят из среды диспергирования (вакуум, газ, жидкость или твердое тело), в которой распределены изолированные друг от друга нано-объекты [16].

Также в настоящее время производят частицы самой разной формы. Например, сферические (SiO_2 [17], рис.1.1a), игольчатые (Fe [18]), и пористые (Co_3O_4 [19]), поликристаллические (Al_2O_3 [20]).



а

б

в

Рисунок 1.1. Микрофотографии наночастиц а) SiO_2 [21], б) Fe [22] и в) Co_3O_4 [23]

Основываясь на составе, НЧ разделяют на углеродные, металлические, полимерные и др. Среди НЧ на основе углерода встречаются фуллерены [24], графен [25] и углеродные нанотрубки [26]. Металлические НЧ состоят исключительно из металлов. В настоящее время производят самые разные НЧ, включая Cu [27], Ag [28], Au [29] и другие металлы. Также к металлическому классу относят керамические (НЧ оксидов, солей металлов и их композитов, например, Al_2O_3 [30], SiO_2 [31] и CaCO_3 [32], $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{WO}_3$ [33]) и полупроводниковые (например, CdSe [34], CdTe [35], NiPt [36]).

Полимерные НЧ, имеющие органическую основу, в основном имеют форму наносфер или микрокапсул [37] и дендримеров [38].

1.1.2 Свойства наночастиц TiO_2

TiO_2 встречается в природе и производится химической промышленностью. TiO_2 представляет собой белый негорючий порошок без запаха с молекулярной массой 79,9 г/моль, температурой кипения 2972°C, температурой плавления 1843°C и относительной плотностью 4,26 г/см³ при 25°C. TiO_2 представляет собой плохо растворимые частицы, которые широко используются в качестве белого пигмента.

Кристаллическими формами TiO_2 являются анатаз, рутил и брукит (рис.1.2) [39]. Структуры анатаза и рутила TiO_2 образуются путем окружения каждого иона Ti^{4+} октаэдром из шести ионов O^{2-} . Эти кристаллические структуры, определяемые как октаэдрические цепочки TiO_6 , имеют различные свойства в зависимости от формы октаэдрических цепочек и искажения каждой октаэдрической цепочки. Октаэдры в структуре анатаза более искажены, чем в структуре рутила. В анатазе расстояние Ti-Ti больше, а расстояние Ti-O короче, чем у рутила. В структуре рутила каждый октаэдр контактирует с десятью соседними октаэдрами. В структуре анатаза каждый октаэдр имеет восемь соседей. Из-за этих различий структуры электронных зон между анатазом и рутилом различны [40].

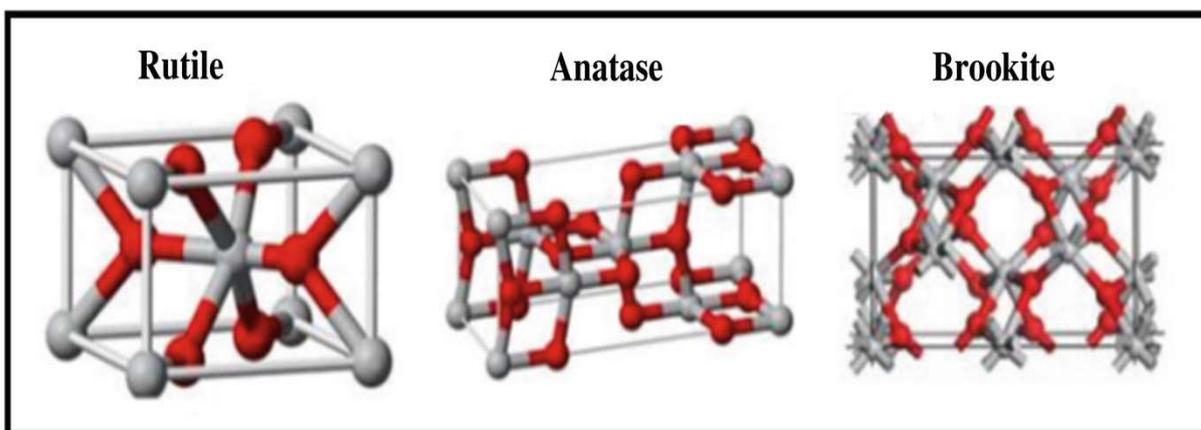


Рисунок 1.2. Кристаллические структуры TiO_2 [41]

Кристаллическая структура НЧ TiO_2 во многом зависит от метода получения и температуры обработки. Для НЧ TiO_2 с размером <50 нм анатаз оказался более стабильным и трансформировался в рутил при >973 К. Рентгенофазовый анализ показал, что TiO_2 , полученный при температуре менее 873 К, имеет кристаллическую структуру анатаза [42]. НЧ TiO_2 имеют структуру анатаза и брукита, которая после достижения определенного размера частиц превращается в рутил. После образования рутила он растёт намного быстрее, чем анатаз [43].

Анатаз и рутил представляют собой две кристаллические структуры TiO_2 , при этом анатаз более химически активен [44]. Частицы рутила

химически более инертны [45, 46]. Например, НЧ TiO_2 (анатаз/рутил=80/20, размер 3...5 нм; 100 мкг/мл) генерируют в 6 раз больше активных форм кислорода (АФК), чем рутил после УФ-облучения [47]. Поэтому анатаз обладает более высокой токсичностью, чем рутил [48].

Размер и форма НЧ TiO_2 влияют на их функциональные свойства, удельную площадь поверхности, количество дефектов, температуру фазового перехода и стабильность различных фаз [49]. Кроме того, оптические, текстурные и каталитические свойства TiO_2 зависят от кристаллической фазы, размера кристаллитов и пористости.

TiO_2 имеет свойства полупроводника. Другими важными свойствами этого материала являются высокое пропускание видимого спектра, высокий показатель преломления, химическая стабильность, фотокаталитическая и антимикробная активность [50-52.]

Исследования TiO_2 в качестве катализатора показали, что наиболее эффективной фазой в сонокатализе является рутил, а в фотокатализе – анатаз [53, 54].

Кроме того, НЧ TiO_2 обладают такими преимуществами, как доступность, относительная дешевизна и низкая токсичность.

1.1.3. Методы синтеза наночастиц TiO_2

НЧ TiO_2 синтезируют как физическими, так и химическими методами. Наиболее распространенными методами получения НЧ TiO_2 являются золь-гель метод, гидро- и сольвотермический методы, химическое осаждение из газовой фазы, анодное окисление, микроэмульсионный метод, электроосаждение и микроволновый метод. Рассмотрим некоторые из них.

Золь-гель процесс предусматривает превращение исходного раствора в неорганическое твердое вещество посредством реакций полимеризации, индуцированных водой. Гидролиз образует золь, который в основном представляет собой дисперсию коллоидных частиц в жидкости, а конденсация приводит к образованию геля при низкой температуре ($<100^\circ\text{C}$) [55].

Так, этот метод позволяет получать сферические НЧ одинакового размера и широко используется для синтеза материалов TiO_2 и обычно протекает через катализируемую кислотой стадию алкоксидов титана (IV) [56]. Так, в работе [57]. Золь-гель процесс имеет несколько преимуществ, в том числе [58]: использование низких температур во время приготовления, простой и эффективный контроль размера, формы и свойств частиц, лучшая однородность исходных материалов, более высокая чистота исходных материалов, и можно спроектировать структуру и свойства материала за счет надлежащего выбора предшественника (рис.1.3а).

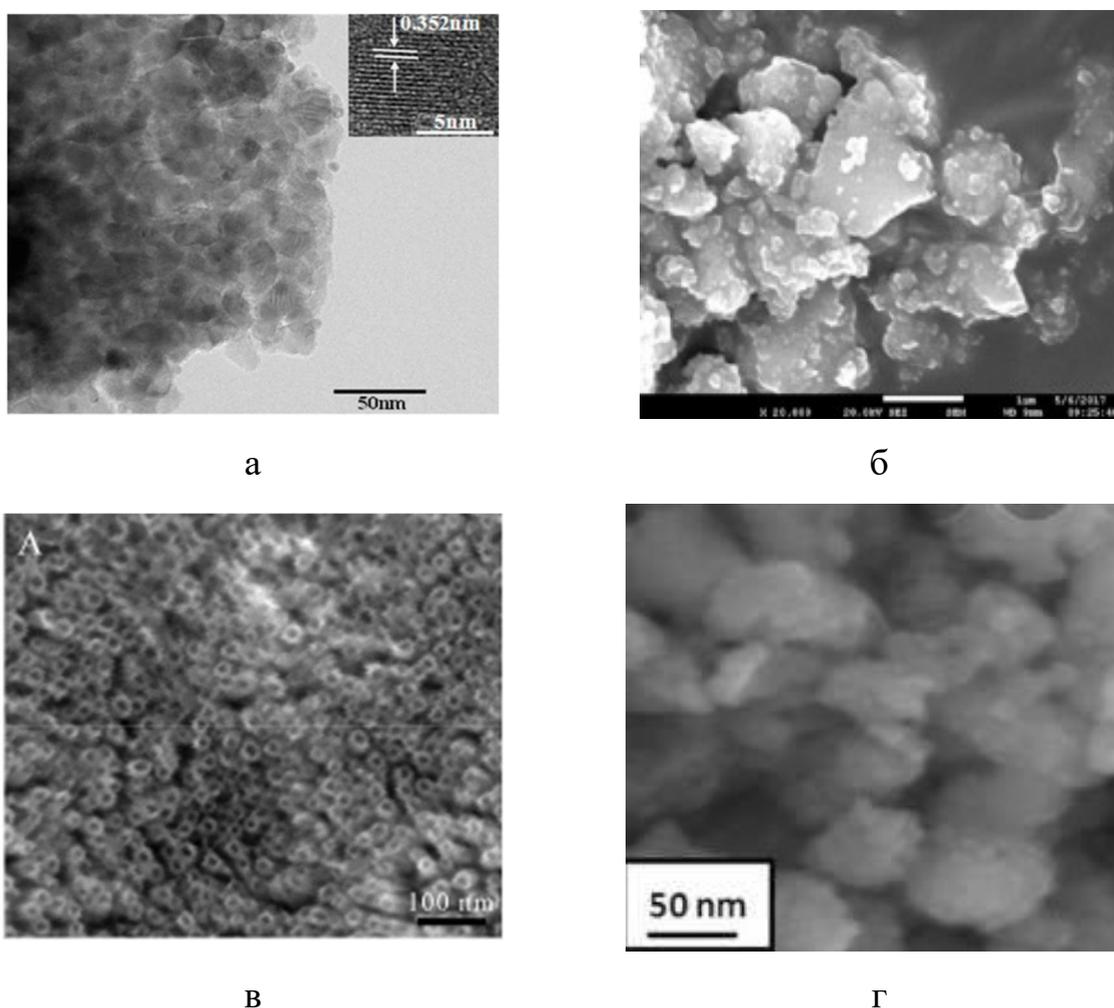


Рисунок 1.3. Микрофотографии синтезированных НЧ TiO_2 а) золь-гель методом [59], б) осаждением [60], в) Гидро/сольвотермические методы [61], г) микроволнового излучения [62].

В методах осаждения (рис.1.3б). материалы в парообразном состоянии конденсируются с образованием твердофазного материала. Процесс обычно

проводится в вакуумной камере, и если происходит химическая реакция, он называется химическим осаждением из паровой фазы (CVD) и физическим осаждением из паровой фазы (PVD), если реакция не происходит. Примеры CVD включают гидролиз с электростатическим распылением, диффузионный пламенный пиролиз, термический плазменный пиролиз, пиролиз с ультразвуковым распылением, лазерно-индуцированный пиролиз и ультразвуковой гидролиз [63]. При получении как толстых, так и мелких частиц НЧ TiO_2 методом химического осаждения из паровой фазы и тетраизопророксид титана используют в качестве прекурсора в кислородсодержащей атмосфере [64].

Методы окисления включают окисление Ti с использованием окислителей или анодирования. Например, анодирование титанового листа при напряжении 10...20 В в 0,5% фтороводороде привело к формированию выровненных нанотрубок TiO_2 с диаметром 0,3-3,0 нм [65]. В другом исследовании кристаллизованные нанотрубки TiO_2 были получены при термообработке анодированной титановой пластины при 500°C в течение 6 ч в кислородной среде [66]. Прямое окисление Ti в 30% H_2O_2 при 353 К в течение 72 ч приводит к образованию наностержней TiO_2 . С помощью добавления неорганических солей (F^- , Cl^- и SO_4^{2-}), можно управлять кристаллической структурой TiO_2 . Добавление F^- и SO_4^{2-} способствует образованию чистого анатаза, в то время как добавление Cl^- приводит к формированию рутила (8 нм) [67].

Микроволновое излучение также может применяться для производства НЧ TiO_2 [68]. Коллоидные НЧ TiO_2 могут быть получены за короткий период времени (5...60 мин) по сравнению с несколькими часами, необходимыми для традиционных методов принудительного гидролиза при высоких температурах (~195°C) [69]. Нанотрубки TiO_2 с открытыми концами и многослойными стенками диаметром 8–12 нм и длиной от 200 до 1000 нм были получены с использованием этого метода [70]. НЧ TiO_2 в фазе анатаза были получены с использованием микроволнового гидролиза TiCl_4 в

разбавленном растворе H_2SO_4 . Они обнаружили, что продукт почти полностью кристаллизовался за 30 минут в микроволново-гидротермальных условиях [71]. Так, были синтезированы НЧ TiO_2 (31 и 21 нм) (рис.1.3г) [72].

Гидро/сольвотермические методы аналогичны. Гидротермальный метод представляет собой процесс кристаллизации вещества при высокой температуре (100°C) и высоком давлении пара (<1 атм) с использованием водного раствора материала [73]. (рис.1.3в) Так, наностержни TiO_2 с диаметром 200 нм были синтезированы путем обработки раствора TiCl_4 , насыщенного NaCl , при 160°C в течение 2 часов [74]. По сравнению с гидротермальным методом сольвотермический метод использует неводный растворитель, как было показано при получении TiO_2 [75]. Сольвотермальный метод позволяет формировать, контролировать размер, распределение и кристалличность наночастиц TiO_2 лучше, чем гидротермальный метод.

1.1.4. Применение наночастиц TiO_2

НЧ TiO_2 могут быть использованы для фоторазложения токсичных веществ и других фармацевтических препаратов, что позволяет избежать вредного воздействия на окружающую среду, как показано в экспериментах при разложении метилового оранжевого [76], диглюконата хлоргексидина [77], левофлоксацина [78], и карбамазепина [79].

Низкая стоимость, устойчивость к коррозии и общая стабильность делают НЧ TiO_2 пригодными для очистки сточных вод [80] от родамина В, метиленового синего и малахитового зеленого [81], рекультивации поверхностных вод за счет извлечения тяжелых металлов [82] и удаления фосфорорганических пестицидов из грунтовых вод [83].

НЧ TiO_2 повышают скорость фотосинтеза, иммунитет растения, что приводит к увеличению урожайности [84].

НЧ TiO_2 также могут быть составляющими фильтров для очистки воздуха от сигаретного дыма [85].

НЧ TiO_2 используются в нанотерапии [86], фотодинамической терапии [87] и для артикуляции протезных имплантатов [88]. НЧ TiO_2 также

используются в косметике и при лечении гиперпигментированной кожи и других недерматологических заболеваний [89]. Кроме того, НЧ TiO_2 можно использовать в солнцезащитных лосьонах для блокировки УФ излучения [90, 91]. Кроме того, нанотрубки TiO_2 используются в качестве компонента артикуляционных протезов для тазобедренного и коленного суставов [92].

НЧ TiO_2 находят применение в качестве полупроводников для сенсibilизированных красителями солнечных элементов [93].

НЧ TiO_2 представляют собой белый пигмент и составляют 70% от общего объема производства пигментов во всем мире [94] и используется в красках, покрытиях, пластмассах, бумаге, чернилах, лекарствах, фармацевтических препаратах, пищевых продуктах, косметике и зубной пасте [95].

1.2. Биологические свойства наночастиц TiO_2

1.2.1. Стимулирующие свойства

Добавление НЧ TiO_2 в среду прорастания семян или в почву при выращивании культур способствует повышению скорости фотосинтеза, укреплению иммунитета растения и увеличению урожайности. Так, повышенная скорость фотосинтеза наблюдалась у шпината на 30% по сравнению с контролем при опрыскивании НЧ анатаза [96]. НЧ TiO_2 можно наносить как в качестве добавки в почву, так и в качестве внекорневого опрыскивания наземной части растений. Для томата применение НЧ TiO_2 в аэрозольном формате оказалось более эффективным для увеличения фотосинтеза и содержания ликопина по сравнению с НЧ TiO_2 , добавляемых в почву [97].

Установлено, что использование указанных НЧ TiO_2 с размером 66 нм в концентрации 10 мг/л способствовало ускорению прорастания семян пшеницы *Triticum aestivum* на 34% и заметному улучшению роста растений.

В других работах было продемонстрировано положительное влияние НЧ TiO_2 на растения томата *Lycopersicon esculentum*, которое выражалось в трёхкратном повышении скорости фотосинтеза и увеличении на 45%

содержания хлорофилла. Высказано предположение, что НЧ TiO_2 в определённых концентрациях могут усиливать поглощение воды [98].

Известно о положительном влиянии НЧ TiO_2 с размером 50 нм на прорастание семян салата даже при низком рН [99] и благотворном влиянии НЧ TiO_2 на рост корешков и плюмажей проростков канолы [100] и улучшение жизнеспособности старых семян [101]. НЧ TiO_2 повышали всхожесть семян петрушки, а также усиливали рост и развитие растений, согласно данным, полученным по всхожести, индексу всхожести, длине корней и побегов, сырой массе, индексу силы роста и содержанию хлорофилла [102]. Точно так же семена бобов, фасоли обыкновенной и люцерны, обработанные НЧ TiO_2 , показали значительное улучшение прорастания при определенных концентрациях этих наночастиц [103].

1.2.2. Фитотоксичность наночастиц TiO_2

При определенных условиях НЧ TiO_2 могут оказывать токсичность на высшие растения.

Установлено значительное снижение энергии прорастания семян томатов *Solanum lycopersicum* после 1 ч замачивания в суспензии НЧ TiO_2 с размером 25 нм при концентрации 1000 мг/л. Эффект был подтверждён другими авторами на семенах кукурузы *Zea mays* и горошка нарбонского *Vicia narbonensis*, также мягкой пшеницы *Triticum aestivum* в присутствии анатазной формы НЧ при концентрации 150 мг/л. НЧ не всегда оказывают положительное или отрицательное воздействие на растения, и иногда не наблюдается никакого физиологического влияния. Исследования роста томата *Lycopersicon esculentum* показали, что при концентрации НЧ TiO_2 100 и 150 мг/л наблюдается угнетение развития морфологических структур растений: длины корня, высоты стебля, количества настоящих листьев. Показано, что НЧ TiO_2 могут разрушать микрофиламенты цитоскелета, нарушая работу плазмодесм, они также могут вызывать задержку или остановку клеточного цикла, что в конечном итоге, вероятно, приводит к снижению скорости митоза [104].

Другие авторы при использовании НЧ TiO_2 (27 нм, 4000 мг/л) после 48-ч замачивания семян томата *Lycopersicon esculentum* какого-либо эффекта не наблюдали [105]. В исследовании, выполненном на кукурузе *Zea mays* и рисе *Oryza sativa*, было подтверждено отсутствие ответной реакции после 2-часового замачивания семян в суспензии НЧ TiO_2 (21 нм, 2000 мг/л). Полученные данные согласуются с результатами изучения пшеницы *Triticum aestivum*, фасоли *Phaseolus vulgaris* и амаранта *Amaranthus cruentus*, которые доказали отсутствие влияния замачивания семян в суспензиях рассматриваемых НЧ на скорость начального роста по сравнению с контрольными образцами растений. В экспериментах с семенами капусты полевой *Brassica campestris* и салата *Lactuca sativa* после 48-ч замачивания в суспензии НЧ при концентрации 5000 мг/л ответная реакция в течение 15 дней также отсутствовала [105].

В работе [106] показали влияние двух суспензий НЧ TiO_2 на удлинение корневых побегов, содержание хлорофилла, поглощение металлов и активность антиоксидантных ферментов мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. Michelangelo. Концентрация НЧ в суспензиях составила от 5 до 80 мг/кг. Результаты показали, что НЧ TiO_2 не влияли на прорастание семян, но влияли на удлинение корней и побегов, антиоксидантные ферменты, а высокие концентрации НЧ TiO_2 вызывали окислительный стресс.

1.2.3. Влияние размера и концентрации наночастиц на фитотоксичность

Показано, что НЧ TiO_2 имеют повышенную токсичность по сравнению с крупными частицами. Установлено, что 50%-ное снижение прироста водоросли *Desmodesmus subspicatus* в присутствии НЧ TiO_2 (25 нм, 4 мг/л), а при добавлении НЧ размером 100 нм эффект уменьшается в 13 раз [107.].

Добавление НЧ или их объемных аналогов отрицательно влияло на удлинение корней семян томата даже при самой низкой концентрации (10 мкг/мл). Ингибирование длины корня при концентрации 1000 мкг/мл колебалось от 60 до 90% по сравнению с контрольной обработкой. Менее токсичными соединениями с точки зрения удлинения корня были Ag-НЧ и

CuO-НЧ со степенью ингибирования примерно 60–65%, в то время как остальные НЧ и их аналоги демонстрировали степень ингибирования, близкую к 85–90% при самой высокой испытанной концентрации.

Процентное значение среднего сухого веса растений томата, обработанных 100, 500 и 1000 мкг/мл НЧ и нерасфасованными/ионными аналогами. Снижение сухой массы растений томатов, вызванное всеми видами обработки, в большинстве случаев зависело от дозы. При самой высокой концентрации AgNO_3 оказывает наиболее токсическое действие, вызывая снижение сухой массы на 89% по сравнению с контрольной обработкой, за ней следуют НЧ Cu, НЧ ZnO и ZnSO_4 . Ag- НЧ, CuO-НЧ и $\text{Cu}(\text{OH})_2$, которые проявляли менее токсическое действие на растения томата в пересчете на сухую массу [108].

Исследование, проведенное на жасминовом рисе *O. sativa* L. показало, что по мере увеличения размера НЧ Ag (20, 30-60, 70-120 и 150 нм) и концентрации (0,1, 1, 10, 100 и 1000 мг/л) НЧ Ag уровень корнеобразования снижался [109].

На примере НЧ CuO [110] показано, что прорастание семян не останавливалось при концентрации 2000 ppm (мг/л), тогда как рост корней подавлялся при 500 ppm при оценке семян нута (*Cicer arietinum*) и сои (*Glycine max*).

Проростки кукурузы (*Zea mays*), выращенные в течение 14 сут, подвергали воздействию раствора НЧ ZnO 9 нм, НЧ ZnO 40 нм и ZnSO_4 при концентрации Zn 300 мг л⁻¹ в течение 1, 3 и 7 сут соответственно. В результате распределения Zn *in situ* в кукурузе показали, что 9 нм НЧ ZnO могут быстро проникать в корни кукурузы и достигать центральной транспортной системы стебля. Моделирование показало, что низкий pH (5,6) играет решающую роль в трансформации НЧ ZnO, а органические кислоты ($K_f = 10^{11,4}$) могут способствовать растворению частиц. Учитывая, что наименьшее содержание Zn в корнях по вариантам было 1920 мг/ кг, сочетание результатов анализа действия корней показало, что токсичность корней в

большинстве обработок имела прямую связь с Zn^{2+} . Однако обработка НЧ ZnO размером 9 нм показала значительно более высокую токсичность, чем обработка $ZnSO_4$ в первый день, когда разница в концентрации Zn^{2+} была незначительной, что в основном было связано с большим количеством НЧ ZnO, отложившихся в корнях [111].

Полученные данные в другой работе показали, что различные концентрации (5...50 мг/л) НЧ PbS и Pb^{2+} ионы (1,5 мг/л) ингибировали скорость прорастания по сравнению с контролем, и такой же результат наблюдался для удлинения корней. Показано, что НЧ PbS оказывают фитотоксическое действие на прорастание и рост проростков кукурузы из-за транслокации НЧ PbS в ткани растения. Концентрация НЧ PbS увеличивается в различных частях растения кукурузы и переносится в зерна, которые, в свою очередь, могут передавать Pb человеку через пищу и потенциально представлять опасность для здоровья человека [112].

Как и в случае других исследований, признается, что металлические НЧ могут быть фитотоксичными и переносить Pb в съедобные сельскохозяйственные культуры. Точно так же низкие концентрации НЧ SeO_2 положительно влияли на рост и продуктивность томатов [113], в то время как при повышенных концентрациях НЧ наблюдалось фитотоксическое воздействие [114]. Применение некоторых НЧ становится активным ингредиентом микроэлементов для растений и увеличивает доступность питательных веществ для развивающихся культур. Отчеты показывают положительное влияние НЧ Ag, ZnO, TiO_2 , CuO на рост сельскохозяйственных культур и ингибирование патогенов [115-117].

1.3. Постановка задачи исследования

Литературный обзор показал, что НЧ TiO_2 имеют большие перспективы в самых разных отраслях нашей жизни. При этом методы их получения постоянно развиваются. Чем больше они будут применяться, тем больше будут производиться, а, следовательно, будет больше потенциальных источников их выделения в окружающую среду. Также обзор показал, что

действие НЧ TiO_2 на корнеобразование растений зависит от размера и концентрации частиц в среде прорастания. Не смотря на то, что преимущественно НЧ TiO_2 не оказывали токсического действия, проведенные эксперименты трудно сопоставимы между собой как по видовой специфике объекта, так и по свойствам самих наночастиц, вследствие чего полученные результаты неоднозначны, а иногда противоречивы. Недостаток экспериментальных данных не позволяет прогнозировать биологическую активность и классифицировать НЧ TiO_2 как загрязнители окружающей среды.

Целью выпускной квалификационной работы являлось определение влияния концентрации и размера наночастиц TiO_2 на биометрические параметры проростков высших растений.

Для достижения поставленной в работе цели были выполнены следующие задачи:

- провести литературный обзор по свойствам, применению, получению и биологическим свойствам наночастиц TiO_2 ;
- провести дисперсионный анализ наночастиц TiO_2 исследования с помощью просвечивающей электронной микроскопии;
- показать влияние размера и концентрации наночастиц TiO_2 на длину корня, всхожесть и корневой индекс проростков пшеницы;
- показать влияние условий культивирования на биометрические свойства проростков.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМОИ	Алпысбай Бекжан Бауыржанулы

Школа	ИШНПТ	Отделение	Отделение материаловедение
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	<i>Бюджет – 628936 руб. Затраты на заработную плату – 251634руб. Прочие расходы – 668 руб.</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	<i>Тариф на электроэнергию 5,8 кВт/ч Налог во внебюджетные фонды – 75490 руб.</i>
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	<i>Районный коэффициент – 1,3 Накладные расходы – 201307 руб.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	<i>Проведение предпроектного анализа: потенциальных потребителей, анализ конкурентных решений, SWOT-анализ, готовность к коммерциализации, определение методов коммерциализации</i>
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	<i>В инициации проекта определение заинтересованных сторон, целей, требований, рабочей группы и ограничений.</i>
3. Планирование процесса управления НИТ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	<i>Составление календарного плана, определение бюджета НИТ. Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель ресурсоэффективности – 3,95 Интегральный показатель эффективности – 5,3 Сравнительная эффективность проекта – 0,74</i>

Перечень графического материала:

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений;
2. Матрица SWOT;
3. Инициация проекта (Заинтересованные стороны проекта, Цели и результат проекта, Рабочая группа проекта, Ограничения проекта);
4. Календарный план проекта;
5. Диаграмма Ганта;
6. Таблицы проведения и бюджет НИТ;
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИТ.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук	Меньшикова Е. В.	к.фил.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМОИ	Алпысбай Б. Б.		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы являлось определение влияния концентрации и размера наночастиц TiO_2 на биометрические параметры проростков высших растений. Эксперимент включал приготовление растворов Хьюитта и суспензий НЧ путем ультразвукового перемешивания. В работе определяли влияние концентрации и размера НЧ TiO_2 на длину корня и стебля, корнеобеспеченность и всхожесть проростков пшеницы.

Цель этого раздела – оценка перспективности и успешности проектируемой методики, разработка механизма управления решениями реализации проекта, планирование финансовой, коммерческой ценности. Ценность разрабатываемой методики определяется конкурентоспособностью, востребованностью, бюджетом разработки, ресурсной, социальной и экономической эффективностью, актуальностью. В разделе решаются задачи:

- предпроектный анализ;
- инициация проекта;
- планирование управления НТИ;
- 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. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений для НТИ заключается в способе выращивания растения с использованием наночастиц путем проращивания семян пшеницы и последующего выращивания растений в асептических условиях на растворе и суспензии наночастиц. Сравнительная эффективность основывается на: простоте методики, валидности и широте результатов. Подобраны научные статьи с предлагаемыми конкурентными техническими решениями, представленными в работе [119].

С информацией о конкурентных разработках можно провести конвергенцию конкурентных технических решений (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкуренто-способность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,03	5	3	0,15	0,09
2. Удобство в эксплуатации	0,05	5	3	0,25	0,15
3. Помехоустойчивость	0,01	2	2	0,02	0,02
4. Энергоэкономичность	0,03	4	4	0,12	0,12
5. Надежность	0,05	5	4	0,25	0,2
6. Уровень шума	0,01	3	3	0,03	0,03
7. Безопасность	0,1	5	4	0,5	0,4
8. Функциональная мощность	0,1	3	1	0,3	0,1
9. Простота эксплуатации	0,1	4	4	0,4	0,4
10. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,02	2	1	0,04	0,02
1. Конкуренто-способность продукта	0,04	4	2	0,16	0,08

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	5	2	0,25	0,1
3. Цена	0,08	5	5	0,4	0,4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	5	4	0,45	0,36
5. Послепродажное обслуживание	0,06	3	3	0,18	0,18
6. Финансирование научной разработки	0,09	3	4	0,27	0,36
7. Срок выхода на рынок	0,04	5	4	0,2	0,16
8. Наличие сертификации разработки	0,01	5	5	0,05	0,05
Итого	0,96	73	58	4,02	3,22

Исходя из оценочной карты, конкурентоспособность у НТИ наибольшая (К_ф 4,02). Это связано с простотой методики (6 ч.), с получаемыми результатами, низкой стоимостью оборудования (3 шт.).

4.1.2. 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. В данном проекте разработке методики исследования адсорбции НЧ ZnO в растворах аргинина выполнили *первый этап*. Сильные и слабые стороны проекта, выявленные извне возможности и угроз для реализации проекта представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность методики	Сл1. Сложность коммерциализации методики
С2. Наличие бюджетного финансирования	Сл2. Невысокая воспроизводимость методики
С3. Дешевизна оборудования	Сл3. Потребность в большом количестве нанопрошка TiO ₂
С4. Универсальность методики для различных вида растений с разными сортами и различных НЧ	Сл4. Большой срок поставок НЧ TiO ₂ и комплектующих оборудования и инструментов
Возможности	Угрозы
В1. Появление спроса на новую методику	У1. Отсутствие спроса на методику
В2. Упрощение работ, связанных с оценкой рисков нанотоксичности продуктов	У2. Развитая конкуренция методик, по данной теме
В3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции
В4. Применимость методики в стандартных процедурах государственной оценки рисков НЧ	У4. Сложность закупки расходных нанопорошков

На *втором этапе* построили интерактивные матрицы возможностей и угроз (таблицы 4.3–4.4.). Видны такие корреляции комплиментарных факторов: В1В2В5С1С2С5, В2В4В5Сл2, В2В3Сл5, У1У2С1С2С4С5, У1У2У3У4, У1У2Сл2, У3У4Сл3.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица возможностей и сильных, слабых сторон

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

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица угроз и сильных, слабых сторон

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

Результаты SWOT-анализа представлены в итоговой таблице 4.5.

Таблица 4.5. – Анализ интерактивной SWOT-матрицы проекта

<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность методики С2. Наличие бюджетного финансирования С3. Низкая стоимость оборудования С4. Универсальность методики для различных вида растений с разными сортами и различных НЧ</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Сложность коммерциализации методики Сл2. Невысокая воспроизводимость методики Сл3. Потребность в большом количестве нанопрошка TiO₂ Сл4. Большой срок поставок НЧ TiO₂ и комплектующих оборудования и инструментов</p>	
<p>Возможности В1. Появление спроса на новую методику В2. Упрощение работ, связанных с оценкой рисков нанотоксичности продуктов В3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В4. Рост применения наноматериалов в фармацевтике и в экологии В5. Применимость методики в стандартных процедурах государственной оценки рисков НЧ</p>	<p>Направления развития В1В2С1С2. Методика выступает как простая валидная экономичная воспроизводимая методика влияние НЧ в росте пшеницы. А также имеет перспективы проецирования на другие НЧ. В современности наноматериалы активно внедряются в промышленности и регулируются в РФ.</p>	<p>Сдерживающие факторы В2В3Сл4. Вуз обеспечивал необходимыми химическими веществами для разработки методики В4В5Сл1. Вероятность не соответствия применению НЧ в процедурах государственной оценки рисков</p>
<p>Угрозы У1. Отсутствие спроса на методику У2. Развитая конкуренция методик, по данной теме У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Сложность закупки расходных нанопорошков</p>	<p>Угрозы развития У1У2С1С2С4. Методика не будет актуальна в методах химического анализа в фармацевтике при недостаточной валидности, высоком потреблении ресурсов, особенно дорогих НЧ. Методика не выдержит конкуренции или не будет потребности в такой методике для аналитических лабораторий.</p>	<p>Уязвимости: У1У2У3У4Сл1. Методика адсорбции НЧ подпадает по множество требований безопасности, большее производство НЧ – зарубежное. У1У2Сл2. Конкурентоспособность методики ограничена ее научной валидностью, воспроизводимостью. У3У4Сл3. Требуемые большие навески НЧ удорожают закупку, требуют высокие меры безопасности от НЧ и реагентов</p>

Таким образом, SWOT-анализ проекта влияние концентрации наночастиц диоксида титана TiO_2 на корнеобразование пшеницы выделил научную перспективность новой аналитической методики. Конкурентоспособность разрабатываемой методики напрямую зависит от ее валидности, воспроизводимости, эффективности, научной результативности, проецируемости на другие НЧ и и дешевизне НЧ TiO_2 и оборудования.

4.2 Инициация проекта

Инициация проекта требует формулирование устава проекта.

Устав научного проекта данной магистерской работы представлен в этой главе и: включает изначальные цели и их иерархию, критерии их достижения, фиксирует изначальные финансовые ресурсы, определяет внутренние и внешние заинтересованные стороны. Заинтересованные стороны (таблица 4.6) определены устоя специализацией разрабатываемой методики – химические методы анализа наночастиц. Иерархия целей, критерии их достижения и требования к проекту представлено в таблице 4.7.

Таблица 4.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
исследовательские, нанотехнологические, экологические и приводит к увеличению урожайности	Новый дешевый метод анализа коллоидных свойств наночастиц, экологический/производственный контроль свойств НЧ
Научный руководитель, магистрант	Выполненная выпускная квалификационная работа

Таблица 4.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Определение влияния нано частиц TiO_2 на морфометрические параметры проростков высших растений.
Ожидаемые результаты:	Внедрение в методы проращивания семян пшеницы наночастиц
Критерии приемки результата:	Адекватность научного результата
Требования к результату:	<ul style="list-style-type: none"> • воспроизводимость разрабатываемой методики; • внешняя валидность эксперимента; • вариативность результатов условиям (длина корня и стебля, концентрация);

Организационная структура проекта собирает информацию о участниках, их должности, функции, трудозатраты (таблица 4.8). Трудозатраты рассчитаны для времени преддипломной практики (с 16.03.22 до 20.05.22) 8 часовой работы в будние дни – 48д. · 8 ч. = 384 ч.

Таблица 4.8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Годымчук А.Ю., ТПУ, к.т.н., доцент ОМ ИШНПТ	руководитель	проведение экспериментов, консультирование, поддержка	200
2	Алпысбай.Б.Б., ТПУ, магистрант	исполнитель	проведение экспериментов	792
ИТОГО:				992

Проект по разработке методики исследования адсорбции НЧ в аргинине имеет *ограничения и допущения* (таблица 4.9), которые устанавливает «границы проекта».

Таблица 4.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
1. Бюджет проекта	628936 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	9:30-17:00 (/9:30-14:00)
3.2. Ограничения, связанные с техникой безопасности химических реагентов и НЧ TiO ₂	ПНД Ф 12.13.1-03, ГОСТ Р 56748.1-2015
3.3. Ограничения, связанные с особенностями методики	неустойчивость реакции НЧ TiO ₂

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

План управления научно-техническим исследованием (НТИ) включает:

- иерархическую структуру работ (ИСР);
- план проекта;

- бюджет научного исследования;
- организационную структуру;
- реестр рисков проекта.

4.3.1. План проекта

В рамках планирования научного проекта построен календарный план (рис. 4.10) и диаграмма Ганта (рис. 4.11).

Таблица 4.10 – Календарный план проекта

Код	Название	Число дней рабочих	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1)	Выбор направления исследования	4	10.02.22	14.02.22	руководитель, магистрант
1.1)	Постановка проблемы, актуальности	2	10.02.22	11.02.22	руководитель, магистрант
1.2)	Оценка реализуемости исследования	2	11.02.22	12.02.22	руководитель, магистрант
1.3)	Постановка цели и задач	2	14.02.22	15.02.22	руководитель, магистрант
2)	Теоретические исследования тематики	9	15.02.22	25.02.22	магистрант
2.1)	Литературный анализ	7	15.02.22	22.02.22	магистрант
2.1.1)	Определение и классификация наночастиц	3	15.02.22	17.02.22	магистрант
2.1.2)	Методы синтеза наночастиц TiO ₂ и применение наночастиц TiO ₂	3	17.02.22	19.02.22	магистрант
2.2)	Биологические свойства наночастиц TiO ₂	3	19.02.22	22.02.22	руководитель, магистрант
3.)	Объекты исследования	16	24.02.22	16.03.22	магистрант
3.1)	Определение морфологии наночастиц (метод БЭТ, СЭМ, ПЭМ)	16	24.02.22	16.03.22	магистрант
3.1.1)	Экспериментальное исследование	27	17.03.22	16.04.22	магистрант
4)	Оценка и обобщение результатов	10/34	18.04.22	31.05.22	руководитель, магистрант
4.1)	Характеристика исследуемых наночастиц	4/12	18.04.22	30.04.22	руководитель, магистрант
4.2)	Результаты дисперсионного анализа	2	4.05.22	5.05.22	руководитель, магистрант
4.3)	Оформление пояснительной записки	12	5.05.22	20.05.22	магистрант
4.4)	Подготовка к защите ВКР	7/22	20.05.22	15.06.22	руководитель, магистрант
Итого:		25/99	10.02.22	15.06.22	

Таблица 4.11 – Диаграмма Ганта

Код	Вид работ	Испол	Т _к , 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.	2	■													
1.2)	Оценка реализуемости исследования	рук., маг.	2	■													
1.3)	Постановка цели и задач	рук., маг.	2	■													
2)	Теоретические исследования тематики	маг.	9	■	■												
2.1)	Литературный анализ	маг.	7	■	■												
2.1.1)	Определение и классификация наночастиц	маг.	3	■													
2.1.2)	Методы синтеза и применение НЧ TiO ₂	маг.	3	■													
2.2)	Биологические свойства наночастиц TiO ₂	рук., маг.	3		■												
3.)	Объекты исследования	рук., маг.	16		■	■	■										
3.1)	Определение морфологии НЧ	маг.	16		■	■	■										
3.1.1)	Экспериментальное исследование	маг.	27				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4)	Оценка и обобщение результатов	маг.	10/34							■	■	■	■	■	■	■	■
4.1)	Характеристика исследуемых наночастиц	рук., маг.	4/12							■	■						
4.2)	Результаты дисперсионного анализа	рук., маг.	2									■	■				
4.3)	Оформление пояснительной записки	рук., маг.	12									■	■	■			
4.4)	Подготовка к защите ВКР	рук., маг.	7/22												■	■	■

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.

Последним этапом формируется бюджет затрат НТИ.

Материальные затраты НИР. Материальные затраты – это затраты на сырье. В случае НИР сырьем выступают: реагенты, нанопорошки TiO_2 , лабораторная посуда и принадлежности, канцелярия (табл. 4.13). Наночастицы и некоторые реактивы приобретались задолго до начала эксперимента.

Таблица 4.12 – 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
Дозатор	шт	3	3 306,24	9 918,72
Наночастицы TiO_2 , 32 нм, 47 нм, 100 нм	г	50	3580.12 2870 2500	3580.12 2870 2500
Термостат ТС-1/80	шт	1	38 554	32554
Термостат SNOL 20/300 LFNEс HC	шт	1	42 431,24	42 431,24
Всего за материалы				95885,08
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				3835,4
Итого по статье C_m				99720,48

Затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ связано с определением стоимости приобретенного специального оборудования (табл. 4.13): ультразвуковая ванна ODA-LQ40.

Таблица 4.13 – Расчет затрат на специальное оборудование

Наименование оборудования	Кол-во ед.	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
Термостат SNOL 20/300 LFNEc HC	1	142 431,24	142 431,24
Итого:			142 431,24

Расчет амортизационных отчислений осуществляется исходя из базовой стоимости оборудования и утвержденных норм амортизации.

Расчёт амортизационных отчислений H осуществлялся по формуле:

$$H = \sum_{i=1}^n \frac{T_{испi}}{365} \cdot K_i \cdot H_{ai}, \quad (4.1)$$

где n – число единиц оборудования; $T_{испi}$ – время использования i -ой единицы оборудования; K_i – стоимость i -ой единицы оборудования; H_{ai} – норма амортизации i -ой единицы оборудования.

Норма амортизации является величиной, обратной сроку службы оборудования T_{cc} :

$$H_a = \frac{1}{T_{cc}} \quad (4.2)$$

Результаты расчета амортизации оборудования представлены в таблице (табл. 4.14)

Таблица 4.14 - Амортизация оборудования на время использования

№ п/п	Наименование оборудования	Цена	Срок службы, лет	Срок использования в НТИ, кал. дни	$H_a, \%$	H , руб.
1.	термостат SNOL 20/300 LFNEc HC	142 431,24	10	3	0,1	117
Итого:						117

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

Месячный должностной оклад руководителя составляет:

$$Z_M = Z_6 \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 25\,000 \cdot (40\% + 10\%) \cdot 1,3 = 48\,750 \text{ руб.} \quad (4.3)$$

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 $M=10,4$ месяца (6-дневная неделя), при действительном годовом фонде рабочего времени F_d , указанным в таблице 4.15:

$$Z_{дн}(\text{руковод.}) = (Z_m \cdot M) / F_d = (48750 \text{руб.} \cdot 11,2) / 254 = 2\,149,6 \text{руб.} \quad (4.4)$$

$$Z_{дн}(\text{магистрант}) = (Z_m \cdot M) / F_d = (2650 \text{руб.} \cdot 11,2) / 217 = 136,8 \text{руб.}$$

Таблица 4.15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные дни/ праздничные дни)	66	66
Потери рабочего времени (отпуск/ невыходы по болезни)	48	48
F_d	251	251

Расчёт основной заработной платы ($Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн}$) работников при известных продолжительностях работ T_p показан в таблице 4.16. Результаты расчёта основной заработной платы приведён в табл. 4.17.

Таблица 4.16 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители	Трудоемкость (T_p), чел.-дн.	Заработная плата (Z_d), приходящаяся на один чел.-дн., руб	Всего заработная плата по тарифу ($Z_{осн}$), руб.
1		Руководитель	25	3046	76150
2		Магистр	99	1551	153549
Итого:					229699

Таблица 4.17 – Результаты расчёта $Z_{осн}$

Исполнители	Z_b , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
руководитель	37700	-	-	1,3	73515	3046	25	76150
магистрант	19200	-	-	1,3	37440	1551	99	153549

Статья заработной платы $C_{зп}$ включает основную заработную плату работников $Z_{осн}$ и дополнительную заработную плату. **Дополнительная**

заработная плата $Z_{\text{доп}}$, рассчитываемая в среднем как 12 % от суммы основной заработной платы, и расчёт $Z_{\text{доп}}$ и $C_{\text{зп}}$ представлен в таблице 4.19. Сумма зарплаты исполнителей ВКР в сумме равна 81 704,4 руб.

Таблица 4.18 – Заработная плата исполнителей ВКР, руб.

Заработная плата	Руководитель	Магистрант	Сумма
Основная зарплата $Z_{\text{осн}}$	76150	153549	229699
Дополнительная зарплата $Z_{\text{доп}}$ (12% от $Z_{\text{осн}}$)	9139	12796	21935
Зарплата исполнителя $C_{\text{зп}}$	85 289	166345	251634
Итого	251634		

Отчисления во внебюджетные фонды

Данная статья расходов содержит обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Размер выплат находится по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{внеб}}, \quad (4.5)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ), откуда $k_{\text{внеб}}=0,3$.

$$Z_{\text{внеб}} = 251634 \cdot 0,3 = 75490$$

По результатам расчета отчислений во внебюджетные фонды было выявлено, что отчисления составляют 75490 руб.

В ходе исследования мы использовали муфельную печь и другое оборудование, потребляющее много электроэнергии. Израсходованная электроэнергия составляет 115.2 кВт. Если считать 5,8 рублей за кВт, потраченная средства составляет 668 рублей.

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

$$C_{\text{накл}}(\text{руковод.}) = 0,8 \cdot (76150 + 9139) = 68231 \text{ руб.} \quad (4.6)$$

$$C_{\text{накл}}(\text{магистрант}) = 0,8 \cdot (153549 + 12796) = 133076 \text{ руб.}$$

$$\Sigma C_{\text{накл}} = 201307 \text{ руб.}$$

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

Таблица 4.19 – Бюджет затрат НТИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.
1	Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты	99720,48
2	Специальное оборудование для научных (экспериментальных)	117
3	Трата на электроэнергию	668
4	Основная заработная плата	229699
5	Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	21935
6	Накладные расходы	201307
7	Отчисления во внебюджетные фонды	75490
Итого:		628936

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

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

Финансовую эффективность определим НТИ из изменения бюджета после доп. реализации различных исследований. В данной НТИ бюджет $\Phi_1 = 628936$ 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 :

$$I_{\text{ф}}(\text{раз.}) = \Phi_{\text{раз}} / \Phi_{\text{max}} = 628936 \text{ руб.} / 849568 \text{ руб.} = 0,74. \quad (4.7)$$

$$I_{\text{ф}}(\text{раз.}) = \Phi_{\text{A1}} / \Phi_{\text{max}} = 723276 \text{ руб.} / 849568 \text{ руб.} = 0,85.$$

Определим интегральный показатель ресурсоэффективности $I_{\text{рес}}$ вариантов исполнения разрабатываемой методики по сумме произведений баллов b_i (0..5) и весов a_i шести критериев (таблица 4.31). $I_{\text{рес}}$ (НТИ) = $\sum a_i \cdot b_i = 3,95$; $I_{\text{рес}}$ (Аналог 1) = $\sum a_i \cdot b_i = 3,45$;

Таблица 4.20 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения разрабатываемой методики

Критерий	Вес. коэф. a_i	НТИ		Аналог 1	
		b, балл	$a_i \cdot b_i$	b, балл	$a_i \cdot b_i$
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	3	0,3	3	0,3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	0,75	2	0,3
3. Помехоустойчивость	0,2	4	0,8	5	1
4. Энергосбережение	0,1	3	0,3	2	0,2
5. Надежность	0,25	4	1	5	1,25
6. Материалоемкость	0,2	4	0,8	2	0,4
ИТОГО	1	$I_{\text{рес}}(\text{раз.})=$	3,95	$I_{\text{рес}}(\text{анал.})=$	3,45

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

$$I_{\text{эф}}(\text{раз.}) = I_{\text{рес}}(\text{раз.}) / I_{\text{ф}}(\text{раз.}) = 3,95 / 0,74 = 5,3;$$

$$I_{\text{эф}}(\text{анал.1}) = I_{\text{рес}}(\text{анал.1}) / I_{\text{ф}}(\text{анал.1}) = 3,45 / 0,85 = 4;$$

4.5. Выводы

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

- Потенциальными потребителями результата исследования являются исследовательские, нанотехнологические, экологические и фармацевтические лаборатории.
- Анализ конкурентных технических решений показал наибольшую конкурентоспособность НТИ ($K_{\text{ф}}$ 4,02), связанную с простотой методики (6 ч.), с двумя получаемыми результатами, низкая стоимость аналитического оборудования (3 шт.).

- SWOT-анализ показал, что конкурентоспособность разрабатываемой методики напрямую зависит от ее валидности, воспроизводимости, эффективности, научной результативности.
- В инициации проекта сформулирован устав проекта.
- Разработаны иерархическая структура работ, календарный план и диаграмма Ганта.
- Бюджет затрат НТИ составляет *628936 руб.*, что дешевле, чем у конкурентных решений.
- Проектная структура оптимальная для НТИ.
- В план управления коммуникациями львиная доля коммуникаций руководителя и исполнителя.
- Разрабатываемая методика ВКР, по сравнению с аналогичными вариантами исполнения, оптимальна: $I_{эф}(в\ сравнении\ с\ аналогом\ 1) = 4$.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
4БМОИ		Алпысбай Бекжан Бауыржанулы	
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение	Отделение материаловедения
Уровень образования	магистратура	Направление	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Влияние промышленных наночастиц диоксида титана на корнеобразование пшеницы	
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 диоксида титана TiO₂</p> <p><i>Область применения:</i> химические лаборатории, фармацевтика, экологическая безопасность, аэрокосмической промышленности;</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лаборатория</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 4,3·6,5 м².6б</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> аналитические весы ALC-110d4, ультразвуковая ванна ODA-LQ40, дистиллятор ДЭ-4, дозаторы марок ТермоФишер, DragonLab, Ленпипет, термостат ТС-1/80, вытяжная система, термостат SNOI 20/300 LFNEc HC;</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> взвешивание, статистическая обработка данных, перемешивание, сушение;</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <ul style="list-style-type: none"> – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 01.03.2022). – ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения). – ГОСТ 12.2.007.0-75 Изделия электротехнические. Общие требования безопасности; – ГОСТ Р 56748.1-2015 Нанотехнологии. Наноматериалы. Менеджмент риска. Часть 1 Общие положения; – ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения;
<p>2. Производственная безопасность:</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 акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем ультразвуковых колебаний. – недостаток необходимого искусственного освещения. <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – По степени действия на организм относится у 4 класса опасности (малоопасное вещество); – вещества, обладающие избирательной токсичностью на органы-мишени и системы при однократном воздействии; <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • резиновые перчатки, очки защитные; туфли, халат; • настольные полиэтиленовые клеёнки, керамические столы, сетевой фильтр, люминесцентные лампы, вентиляционная система и вытяжные шкафы, имеющие стеклянные дверцы для защиты туловища и головы от брызг и паров кислот). <p>Расчет: расчет системы искусственного освещения.</p>
3. Экологическая безопасность	<p>Воздействие на селитебную зону: наночастиц TiO_2.</p> <p>Воздействие на литосферу: коагуляция и седиментация взвешенных наночастиц TiO_2 на близлежащей территории лаборатории;</p> <p>Воздействие на гидросферу: сброс суспензий и реагентов в канализацию, в сточные воды;</p> <p>Воздействие на атмосферу: выбросы из вентиляционных систем, содержащие низкие концентрации наночастиц TiO_2 и реагентов.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Возможные ЧС: пожар; разлив концентрированных веществ; случайное высвобождение нанопорошка и превышение ПДК;

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.03.2022 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМОИ	Алпысбай Б. Б.		

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Введение

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.

Магистерская диссертация посвящена исследованию адсорбционных свойств наночастиц (НЧ) в растворе аминокислоты. Объекты исследования – НЧ TiO_2 . Эксперименты включали приготовление раствора Хьюитта, суспензии НЧ TiO_2 . Проводилось ультразвуковое перемешивание (120 Вт). Оставили на термостате семена в чашке чтобы проросли корни, через 9 дней проросшие корни стебли отрезали и сушили в термостате, все полученного измерили и рассчитывали в программе ImageJ и Данные обрабатывали в Excel.

Области применения – химические методы анализа, фармацевтическая промышленность, экологическая безопасность. Потенциальные пользователи – химические лаборатории.

Социальная направленность работы связана с растущими объемами производства НЧ. Что повышает риски высвобождения НЧ в окружающую среду и ведет к экологическим проблемам. Возникает необходимость в воспроизводимых методиках оценки свойств НЧ.

Рабочая зона – лаборатория (4,3·6,5 м²), с оборудованием: весы ALC-110d4, ультразвуковая ванна ODA-LQ40, дистиллятор ДЭ-4, дозаторы марок ТермоФишер, DragonLab, Ленпипет, вытяжная система, термостат ТС-1/80, вытяжная система, термостат SNOL 20/300 LFNEc HC.

Рабочие процессы: взвешивание, статистическая обработка данных, перемешивание, сушение, статистическая обработка данных.

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

5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовые нормы трудового законодательства, а именно ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ [120], регулируют трудовую деятельность работников лаборатории, в которой проходила научно-исследовательская работа.

Режим рабочего времени. Начало, окончание или общая продолжительность рабочего дня определяется соглашением работников лаборатории и работодателя. Реализуется в режимах: нормированного рабочего времени (пятидневная с двумя выходными днями (ТК РФ ст. 100)) и гибкого рабочего времени (ТК РФ ст. 102).

ТК РФ предписывает трудовую деятельность работников лаборатории, связанную с вредными и опасными условиями труда. Для защиты от вредного и опасного воздействия химических веществ работникам бесплатно выдаются средства индивидуальной защиты (ст.221 ТК РФ).

Оплата труда работников лаборатории, подвергающихся вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере и регулируется работодателем – минимум 4% от оклада (ст.147 ТК РФ).

Виды компенсаций при работе во вредных условиях труда, и т.д. В лаборатории вредные условия труда 2 класса (допустимые условиями труда) согласно [121]), отчего: работникам предоставляется ежегодный дополнительный оплачиваемый семидневный отпуск (ст.117 ТК РФ), работники должны проходить обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры для пригодности и предупреждения проф. заболеваний (ст.213 ТК РФ).

Согласно ПНД Ф 12.13.1-03 (Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)) [122], на работу в химико-аналитические лаборатории принимаются лица не

моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование. Допускаются после прохождения вводного инструктажа о соблюдении мер безопасности. Проходят периодический (2 раза в год) и внеплановый инструктаж. В рабочем помещении назначаются ответственные за соблюдением техники безопасности, хранения веществ, обеспеченность средствами индивидуальной защиты (СИЗ) и аптечками первой помощи. Помещение, для прохождения НИР, является аналитическим залом и должно оборудоваться вытяжной вентиляцией, водопроводом, раковиной и канализацией. Окраска стен клеевая, полы-линолеум.

Помещение должно быть оборудовано общей приточно-вытяжной вентиляцией.

Согласно **ГОСТ 12.2.007.0-75** (Изделия электротехнические. Общие требования безопасности) [123], снижение пожарной опасности электрооборудования достигается исключением легковоспламеняющихся материалов.

Согласно **ГОСТ Р 56748.1-2015** (Нанотехнологии. Наноматериалы. Менеджмент риска. Часть 1 Общие положения) [124], *выбор мер безопасности НЧ выполняют оценкой риска НЧ, с привлечением самих работников*. Выбор мер безопасности должен опираться на точные или предполагаемые литературные данные опасности, уровни экспозиции НЧ. Проводится скрининговые медицинские обследований органов дыхания работников. Меры безопасности ингаляции НЧ и попадания в внутри организма: технические меры (вентиляция), СИЗ, СИЗОД.

Согласно **ГОСТ Р 50923-96** (Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения) [125], элементами рабочего места оператора являются: рабочий стол, рабочий стул, дисплей, клавиатура. Рабочее место должно не создавать перегрузки костно-мышечной системы.

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 [126], 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 Р 56748.1-2015 Нанотехнологии. Наноматериалы. Менеджмент риска. Часть 1 Общие положения.• ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем ультразвуковых колебания	ГОСТ 12.1.001-89 Ультразвук. Общие требования безопасности.
недостаток необходимого искусственного освещения	ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий нормы и методы измерений
химические вещества, косвенно действующие на организм работающего, обусловленные свойствами этих химических веществ воспламеняться, попадать в организм, 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).
вещества, обладающие избирательной токсичностью на органы и (или) системы при многократном или продолжительном воздействии	<ul style="list-style-type: none">• ГОСТ 9808-84 Двуокись титана пигментная. Технические условия• ГОСТ Р 56748.1-2015 Нанотехнологии. Наноматериалы. Менеджмент риска. Часть 1 Общие положения.
факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов	ГОСТ 12.2.007.0-75 Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

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 TiO₂.

Согласно ПНД Ф 12.13.1-03 [132], ГОСТ 4461-77 [129], ГОСТ Р 56748.1-2015 [124] рабочее помещение должно быть оборудовано общей приточно-вытяжной вентиляцией. При работе НЧ TiO₂ следует применять СИЗ (одежда и СИЗ органов дыхания (СИЗОД)). Следует включать и выключать вентиляцию за 30 минут до начала, и после окончания работ. Кислоты в вытяжном шкафу в

стеклянной герметичной посуде. Щелочей – в полиэтиленовой таре. Створки вытяжного шкафа поднимать <20..30 см, чтобы в шкафу находились руки, а лицо за стеклом во избежание попадания брызг.

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

2) *Связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем ультразвуковых колебаний.* Источник фактора – длительная работа ультразвуковой ванны ODA-LQ40, центрифуги 5702. Заболевания работников: тугоухость, головные боли. Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах не должны превышать указанных в таблице 5.2 [130].

Таблица 5.2 – Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах [130]

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 5702 – <64 дБ (17,7 кГц). В лаборатории уровни звукового давления не превышают допустимых [130]. 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) [131], нормы освещенности приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Нормы освещенности [131]

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 [131]. Рабочий стол находится между рядами светильников ЛПО 2x36-CSVT (люминисцентные лампы, 40 Вт) и боковым оконным проемом.

4) *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 Гц. Мощности составляют 3 кВт у дистиллятора ДЭ-4 и 2,6..340 Вт у остальных приборов. Настольные приборы имеют малые величины напряжений: <36 В [123], не требующие специального заземления.

5.3.1 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 люминисцентными лампами ОД, 40 Вт, 220 В.

Рассчитаем высоту подвеса: $h_n = H - h_{свесса} = 2,5 \text{ м} - 0,05 \text{ м} = 2,45 \text{ м}$. Высота подвеса $h_n = 2,45$ м допустима с учетом наименьшей допустимой h_n сдвоенных светильников с люминисцентными 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 люминисцентных 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:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B - \frac{2}{3}L}{L} + 1 = \frac{6,5 - \frac{2}{3} \cdot 2,27}{2,27} + 1 = 3,19 \approx 3. \quad (5.1)$$

Определим количество светильников в ряду:

$$n_{\text{св}} = \frac{A - \frac{2}{3}L}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{4,3 - \frac{2}{3} \cdot 2,27}{1,245 + 0,5} = 1,59 \approx 2. \quad (5.2)$$

Расстояние между светильниками в ряду: $(A - n_{\text{св}} \cdot l_{\text{св}})/3 = (4,3 - 2 \cdot 1,245 \text{ м})/3 \approx 0,60$ м. Разместим светильники в 3 ряда. В каждом ряду 2 светильника ОД с 2 люминесцентными лампами типа мощностью 40 Вт (с длиной $l_{\text{св}}=1,245$ 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 $N_{\text{л}} = 2(n_{\text{ряд}} \cdot n_{\text{св}}) = 2 \cdot (3 \cdot 2) = 12$.

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 $\rho_{\text{п}}=70\%$, свежепобеленные стены с окнами без штор $\rho_{\text{н}}=50\%$) и индекса помещения ($i=1,60$) равен табличному значению $\eta=56\%$. Коэффициент запаса K_3 для помещения со средним выделением пыли равен 1,8. Нормативная освещенность лаборатории $E_{\text{н}} = 500$ лк (Приложение Л [134] и [131]). Определи световой поток Φ :

$$\Phi = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{500 \text{ лк} \cdot 27,95 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,56} = 4\,118 \text{ лм}. \quad (5.3)$$

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

$$-10\% \leq \frac{3750 \text{ лм} - 4\,118 \text{ лм}}{3750 \text{ лм}} \cdot 100\% \leq +20\% \Rightarrow -10\% \leq -9,8\% \leq 20\%$$

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

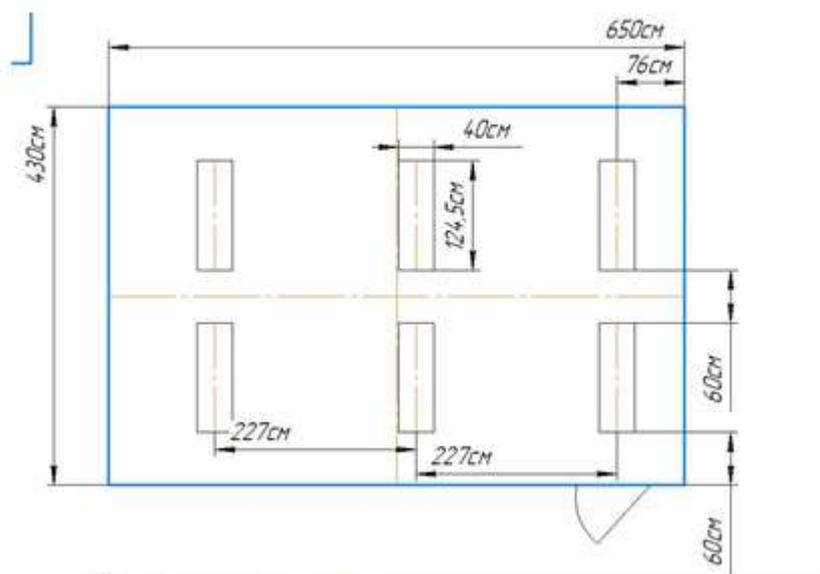


Рисунок 5.1 – План помещения и размещения светильников

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 концентрации НЧ TiO_2 и реагентов. Источники загрязнения – нанопорошки TiO_2 .

Высвобождение НЧ вызывают глобальные загрязнения [137]: кислотные дожди, отложения в водоемах. Актуальны риски болезней легких работников от ингаляции веществ.

ПДК в рабочей зоны равны [128]: НЧ TiO_2 – 7 мг/м³. Нормы в атмосфере городских поселений равны [136]: НЧ TiO_2 – ПДК_{ср.сут.} = 10 мг/м³мг/м³.

В лаборатории ПДК НЧ TiO_2 не превышают норм. Меры защиты атмосферы осуществляются в рамках требований [122,124] 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 TiO_2 . Загрязнители – суспензии и растворы в сточных водах. Химическая лаборатория – источник более разнообразных стоков в гидросферу [137]. Химические вещества изменяют свойства воды (рН, ПАВ, жёсткость), повреждают коррозией турбины очистных сооружений Томска. Отчего, во-первых, поступает вода низкого качества [137]. Возникает необходимость в дополнительных методиках нейтрализации [138], ионного обмена и сорбции [139] сточной воды лаборатории. В п.11 ГОСТа 17.1.3.13-86 [140] сообщается, что если концентраций вредных веществ, подлежащих сбросу в канализационную сеть, не превышают норм, то предварительная очистка воды не требуется.

Воздействие на литосферу в проектируемом решении: коагуляция и седиментация взвешенных НЧ TiO_2 на близлежащей территории. Источники – нанопорошки TiO_2 . Загрязнители – НЧ TiO_2 , которые прилипают к обуви и диффундируют через вентиляцию, седиментируют на территории.

Попав в почву, влияние НЧ TiO_2 уникально от разнообразия их коллоидных свойств и реакционной активности. ПДК вредных веществ в почве регламентируется СанПиН 1.2.3685-21 [132]. Для частиц TiO_2 – ПДК= 66,89 мг/кг.

В лаборатории контактирующие с НЧ TiO_2 отходы, согласно [124], утилизируются отдельно. Проводится периодическая только влажная уборка [122].

Воздействие на селитебную зону: НЧ TiO_2 и реагентов способны преодолеть фильтры вентиляции, попасть в атмосферу, на близлежащую жилую территорию; НЧ TiO_2 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 конц. веществ; случайное высвобождение НЧ TiO_2 и превышение ПДК.

Пожар. Причины возгорания в лаборатории: токи короткого замыкания электрооборудования, перегрузка, неисправность ноутбука или электросети. От чего 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 (спирт, кислоты)), Е (пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением) [132]. Изоляция приборов должна защищать человека от поражения электрическим током [123].

Согласно ГОСТу 12.1.004-91 [143], 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

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 TiO_2 . Безопасность при пожаре обеспечена.

Лаборатория по электробезопасности характеризуется как пыльное помещение с химически активной средой [144], 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) [136]. По взрывопожарной и пожарной опасности помещение лаборатории приписывается к категории А (повышенная взрывопожаро-опасность) [145].

А НЧ TiO_2 , указываются 4 категорией (по обращению с отходами производства и потребления в части, касающейся отходов IV класса опасности [136].

6. ПУБЛИКАЦИИ СТУДЕНТА

1. Алпыспай Б.Б. Влияние концентрации наночастиц TiO_2 на корнеобразование пшеницы // Материалы научная инициатива иностранных студентов и аспирантов сборник докладов II международной научно-практической конференции, 26-28 апреля 2022 г., г. Томск: Изд-во ТПУ, 2022. – в печати.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kumar B., Cumbal L. Light harvesting titanium nanocatalyst for remediation of methyl orange // International Journal of Chemical and Molecular Engineering. – 2014. – Vol.8. – P.196-199.
2. Das R., Sarkar S., Chakraborty S., Choi H., Bhattacharjee C. Remediation of antiseptic components in wastewater by photocatalysis using TiO₂ nanoparticles // Industrial and Engineering Chemistry Research – 2014. – Vol.53. – P.3012-3020.
3. Alicanoglu P., Sponza D. Photodegradation of levofloxacin antibiotic via graphene/TiO₂ and its reusability // International Journal of Waste Resources. – 2017. – Vol.3. – P.7.
4. Mboniyirivuze A., Zongo S., Diallo A., Bertrand S., Minani E., Yadav L., Mwakikunga B., Dhlamini S., Maaza M. Titanium dioxide nanoparticle biosynthesis for dye sensitized solar cells: review // Materials Chemistry and Physics. – 2015 – Vol.3 P.12–17.
5. Inagaki I., Takechi T., Shirai Y., Ariyasu N. Application and features of titanium for aerospace industry // Nippon Steel Technical Report– 2013 – Vol.396 P.23–28.
6. Food Safety and Standards of India Regulation, 2011. РЕЖИМ ДОСТУПА: <https://www.fssai.gov.in/cms/food-safety-and-standards-regulations.php>.
7. Piccinno F., Gottschalk F., Seeger S., Nowack B. Industrial production quantities and uses of ten engineered nanomaterials in Europe and the world // Journal of Nanoparticle Research. – 2012. – Vol.14. – No.9. – P.1109-1120.
8. Long TC, Tajuba J, Sama P, Saleh N, Swartz C, Parker J, Hester S, Lowry GV, Veronesi B. Nanosized titanium dioxide stimulates reactive oxygen species in brain microglia and damages neurons in vitro // Environmental Health Perspectives. – 2007. – Vol.115. – P. 1631–1637.
9. Silva S., Oliveira H., Craveiro S., Calado A., Santos C. Pure anatase and rutile+anatase nanoparticles differently affect wheat seedlings // Chemosphere. – 2016. – Vol.151. – P.68-75.

10. Laurent S., Forge D., Port M., Roch A., Robic C., Elst V.L., Muller R.N. Magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis, stabilization, vectorization, physicochemical characterizations, and biological applications // *Chemical Reviews*. – 2010. – Vol.110. – P.2574–2574.
11. Tiwari J.N., Tiwari R.N., Kim K.S. Zero-dimensional, one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional nanostructured materials for advanced electrochemical energy devices // *Progress in Materials Science*. – 2012. – Vol.57. – P.724-803.
12. Liu J.N., Bu W., Shi J. Chemical design and synthesis of functionalized probes for imaging and treating tumor hypoxia // *Chemical Reviews* - 2017. – Vol.117. – P.6160–6224.
13. Bashir S., Liu J. Nanomaterials and their application // *Advanced Nanomaterials and their Applications in Renewable Energy*. – 2015. – Vol.1. – P.1.
14. Hua T., Meia X., Wangb Y., Wengb X., Lianga R., Wei M. Two-dimensional nanomaterials: fascinating materials in biomedical field // *Science Bulletin*. - 2019. – Vol.64. – P.1707-1727.
15. Albrecht W, Van S.A., and Bals S. Three-dimensional nanoparticle transformations captured by an electron microscope // *American Chemical Society*. – 2021. – Vol.54. – P.1189.
16. Крушенко Г.Г., Решетникова С.Н. Проблемы определения размеров наночастиц // *Технологические процессы и материалы. Вестник СибГАУ*. – 2011. – №2. – С.167-170.
17. Ji E. L, Nohyun L, Taeho K , Taeghwan H. Multifunctional mesoporous silica nanocomposite nanoparticles for theranostic applications // *Accounts of Chemical Research*. – 2011. – Vol.44. – P.893-902.
18. Ponomarev V.A., Popova A.D., Sheveyko A.N., Permyakova E.S., Kuptsov K...A., Ilnitskaya A.S., Slukin P.V., Ignatov S G., Gloushankova N.A., Subramanian B., Shtansky D.V. Microstructure and biological properties of titanium dioxide coatings doped with bioactive and bactericidal elements // *Applied Surface Science*. – 2022. – Vol.575. – P.41.

19. Garrigue P., Delville M.-H., Labrugère C., Cloutet E., Kulesza P.J., Morand J.P., Kuhn A. Top-down approach for the preparation of colloidal carbon nanoparticles // *Chemistry of Materials*. – 2004. – Vol.16. – P.2984-2986.
20. Лодиз Р., Паркер Р. Рост монокристаллов. – Москва: Мир. – 1974. – 540 с.
21. Ji E. L, Nohyun L, Taeho K , Taeghwan H. Multifunctional mesoporous silica nanocomposite nanoparticles for theranostic applications // *Accounts of Chemical Research*. – 2011. – Vol.44. – P.893-902.
22. Ponomarev V.A., Popova A.D., Sheveyko A.N., Permyakova E.S., Kuptsov K...A., Il'nitskaya A.S., Slukin P.V., Ignatov S G., Gloushankova N.A., Subramanian B., Shtansky D.V. Microstructure and biological properties of titanium dioxide coatings doped with bioactive and bactericidal elements // *Applied Surface Science*. – 2022. – Vol.575. - P.41.
23. Garrigue P., Delville M.-H., Labrugère C., Cloutet E., Kulesza P.J., Morand J.P., Kuhn A. Top-down approach for the preparation of colloidal carbon nanoparticles // *Chemistry of Materials*. – 2004.- Vol.16. - P.2984-2986.
24. Klupp G. , Prassides K. Fullerenes // *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*. – 2016. – P.1-3.
25. Obodo R.M., Ahmad I., Ezema F.I. Graphene and its applications // *Graphene and Its Derivatives*. – 2019.
26. Astefanei A., Núñez O., Galceran M.T. Characterisation and determination of fullerenes: a critical review // *Analytica Chimica Acta*. – 2015. – Vol.882. – P.1-21., Saeed I.K. Carbon nanotubes-properties and applications: a review // *Carbon Letters*. – 2013. – Vol.14. – P.131-144.
27. Сайт ООО «Передовые порошковые технологии», Россия, г. Томск, www.nanosized-powders.com.
28. Сайт Группа промышленного развития и снабжения, г.Москва. - www.hotwalker.ru
29. Hongwu International Group Ltd. www.hwnanomaterial.com.

30. Лодиз Р., Паркер Р. Рост монокристаллов. – Москва: Мир, 1974. – 540 с.
31. Ji E. L, Nohyun L, Taeho K , Taeghwan H. Multifunctional mesoporous silica nanocomposite nanoparticles for theranostic applications // *Accounts of Chemical Research*. – 2011. – Vol.44. – P.893-902.
32. Thomas S., Harshita B.S.P., Mishra P., Talegaonkar S. Ceramic nanoparticles: fabrication methods and applications in drug delivery // *Current Pharmaceutical Design*. – 2015. – Vol.21. – P.6165-6188.
33. Khan I., Abdalla A., Qurashi A. Synthesis of hierarchical WO₃ and Bi₂O₃/WO₃ nanocomposite for solar-driven water splitting applications // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2017. – Vol.42. – P. 3431-3439.
34. Y. Nosaka. *Nanomaterials* // *Comprehensive Nanoscience and Technology*. – 2011. – Vol.1. – P.6.
35. Development of bright phosphors using glasses incorporating semiconductor nanoparticles // *Nanoparticle Technology Handbook*. – 2008. – P.558-561.
36. Shahid A, Ibrahim K, Safyan A.K., Manzar S, Riaz A, Ateeq R, Muhammad S.A, Mohamed A.M. Electrocatalytic performance of Ni@Pt core-shell nanoparticles supported on carbon nanotubes for methanol oxidation reaction // *Journal of Electroanalytical Chemistry*. – 2017. – Vol.795. – P.17-25.
37. Mansha M., Khan I., N Ullah., Qurashi A. Synthesis, characterization and visible-light-driven photoelectrochemical hydrogen evolution reaction of carbazole-containing conjugated polymers // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2017. – Vol.10. – P.1016.
38. Abouelmagd S.A., Meng F., Kim B.-K., Hyun H., Yeo Y.. Tannic acid-mediated surface functionalization of polymeric nanoparticles // *ACS Biomaterials Science and Engineering*. – 2016. – Vol.2(12) – P. 2294–2303.
39. Lakshmanan V.I., Bhowmick A., Abdul Halim M. Titanium dioxide: production, properties and applications // In: Brown J (ed) *Titanium dioxide: chemical*

properties, applications and environmental effects. New York: Nova Science Publ. – 2014.

40. Lakshmanan V.I., Bhowmick A., Abdul Halim M. Titanium dioxide: production, properties and applications // In: Brown J (ed) Titanium dioxide: chemical properties, applications and environmental effects. New York: Nova Science Publ. – 2014.

41. Samat M.H., Ali A.M.M., Taib M.F.M., Hasan O.H., Yahya M.Z.A., Hubbard U. Calculations on optical properties of 3d transition metal oxide TiO_2 // Results in Physics– 2016. – Vol.6. – P. 891–896.

42. Hwu Y., Yao Y.D., Cheng N.F. X-ray absorption of nanocrystal TiO_2 // Nanostructure Materials. – 1997. – Vol.9. P.355–358.

43. Zhang H., Banfield J.F. Thermodynamic analysis of phase stability of nanocrystalline titania // Journal of Materials Chemistry. – 1998. – Vol.8. – P. 2073–2076.

44. Kim S., Ehrman S.H. Photocatalytic activity of a surface-modified anatase and rutile titania nanoparticle mixture // Journal of Colloid and Interface Science. – 2009. – Vol.338. – P.304-307. Cullit B.D. Elements of X-ray Diffraction (2nd ed.). – USA: Addison-Welley Publ. Co., 1987.

45. Bekkerman L.I., Dobrovolskii I.P., Ivakin A.A.. Effect of composition of titanium (IV) solutions and precipitation conditions on solid-phase structure // Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 1976. – Vol.21. – P.418-422.

46. Sullivan W.F., Cole S.S.. Thermal chemistry of colloidal titanium dioxide // Journal of the American Ceramic Society. – 1959. – Vol.42. – P.127-133.

47. Cullit B.D. Elements of X-ray Diffraction (2nd ed.). – USA: Addison-Welley Publ. Co., 1987.

48. Spurr R.A., Myers H. Quantitative analysis of anatase–rutile mixtures with an X-ray diffractometer // Analytical Chemistry. – 1957. – Vol.29. – P.760-762. S.J. Gregg, K.S.W. Sing. Adsorption, Surface Area and Porosity (2nd ed.) // John Wiley, NY. – 1992.

49. Bersani D., Lottici P.P., Ding X.Z. Phonon confinement effects in the Raman scattering by TiO₂ nanocrystals // *Applied Physics Letters*. – 1998. – Vol.72. – P.73-76.
50. Zhang J-Y., Boyd I.W., O'Sullivan B.J., Hurley P.K., Kelly P.V., Senateur J-P.. Nanocrystalline TiO₂ films studied by optical, XRD and FTIR spectroscopy // *Journal of Non-Crystalline Solids*. – 2002. – Vol.303. – P. 134-138.
51. Zhao L., Yu Y., Song L., Hu X., Larbot A.. Nanostructured titania film for photocatalysis // *Applied Surface Science*. – 2005. – Vol.239. – P.285-291.
52. Jiaguoy, Minghua Z, Bei C, Huogen Y, Xiujian Zh. Ultrasonic preparation of mesoporous titanium dioxide nanocrystalline photocatalysts and evaluation of photocatalytic activity // *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. – 2005. – Vol.227. – P. 75-80.
53. Bersani D., Lottici P.P., Lopez T., Ding X.Z.. A Raman scattering study of PbTiO₃ and TiO₂ obtained by sol-gel // *Journal of Sol-Gel Science and Technology*. – 1998. - Vol.13. P.849-853.
54. Wang J., Guo B., Zhang X., Zhang Z., Han J., Wu J.. Sonocatalytic degradation of methyl orange in the presence of TiO₂ catalysts and catalytic activity comparison of rutile and anatase // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2005. - Vol.12. - P.331-337.
55. Attar A.S, Ghamsari MS, Hajiesmaeilbaigi F, Mirdamadi S, Katagiri K, Baetzold R.C. *Journal of the American Chemical Society*. – 1981. – Vol.103. – P.6116.
56. Oskam G, Nellore A, Penn R.L, Searson P.C. The growth kinetics of TiO₂ nanoparticles from titanium (IV) alkoxide at high water/titanium ratio // *Journal of Physical Chemistry B*. – 2003. Vol.107. – P.1734.
57. Mehrotra R.C., Singh A. Recent trends in metal alkoxide chemistry // *Progress in Inorganic Chemistry*. – 1997. – Vol.46. – P.239-454.
58. Ting K.T., Yi S.L., Yi J.C., Hsin C.A. Review of photocatalysts prepared by sol-gel method for VOCs removal // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2010. – Vol.11. – P. 2336-2361.

59. Yu L, Sun S, Deng T, Ding H, Chen W, and Chen Y, Hao Ding. The preparation of TiO₂ film by the sol-gel method and evaluation of its self-cleaning property // *Materials*. – 2018. – Vol.11. – P.450.
60. Баян Е. М., Лупейко Т. Г., Пустовая Л. Е.. ОПТИМИЗАЦИЯ СИНТЕЗА ПОРОШКОВЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДИОКСИДА ТИТАНА ИЗ ПЕРОКСОТИТАНОВОГО КОМПЛЕКСА // *Химическая физика*, 2019. – Т.38, № 4. –С. 84-90.
61. Faure B, Salazar-Alvarez G, Ahniyaz A, Villaluenga I, Berriozabal G, De Miguel Y, Bergstrom L. Dispersion and surface functionalization of oxide nanoparticles for transparent photocatalytic and UV-protecting coatings and sunscreens // *Science and Technology of Advanced Materials*. – 2013. – Vol.14. – P.23.
62. Senthil K.R., Gnanavel B.. High performance catalytic activity of pure and silver (Ag) doped TiO₂ nanoparticles by a novel microwave irradiation technique // *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*. – 2017. – Vol.28. – P.5.
63. Seifried S, Winterer M, Hahn H. Nanocrystalline Titania films and particles by chemical vapor synthesis // *Chemical Vapour Deposition*. – 2000. – Vol.6. – P.239-244.
64. Wagner E.H., Bret T., Hoffmann P. Light- induced CVD of titanium dioxide thin films I: kinetics of deposition // *Chemical Vapor Deposition*. – 2005. – Vol.11. – P.21-28.
65. Xiaobo C. Titanium dioxide nanomaterials and their energy applications // *Chinese Journal of Catalysis*. – 2009. – Vol.30. – P. 839-851.
66. Varghese O.K., Gong D.W., Paulose M., Grimes C.A., Dickey E.C. Crystallization and high temperature structural stability of titanium oxide nanotube arrays // *Journal of Materials Research*. – 2003. – Vol.18. – P.156.
67. Kim H., Noh K., Choi C., Khamwannah J., Villwock D., Jin S. Extreme superomniphobicity of multiwalled 8 nm TiO₂ nanotubes // *Langmuir*. – 2011. – Vol.27. – P.191-196.
68. Gressel-Michel E., Chaumont D., Stuerger D. From a microwave flash-synthesized TiO₂ colloidal suspension to TiO₂ thin films // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2005. – Vol.285. – P.674-679.

69. Corradi AB, Bondioli F, Focher B, Ferrari AM, Grippo C, Mariani E, Villa C. Conventional and microwave-hydrothermal synthesis of TiO₂ nanopowders // Journal of the American Ceramic Society. – 2005. Vol.9. – P.88.
70. Hyunsu K, Kunbae N, Chulmin Ch, Jirapon Kh, Diana V and Sungho J. Extreme superomniphobicity of multiwalled 8 nm TiO₂ nanotubes // Langmuir. – 2011. – Vol. 27. – P.16.
71. Baldassari S., Komarneni S., Mariani E., Villa C. Rapid microwave-hydrothermal synthesis of anatase form of titanium dioxide // Journal of the American Ceramic Society. – 2005. Vol.88. – P.3238.
72. Senthil K.R., Gnanavel B. High performance catalytic activity of pure and silver (Ag) doped TiO₂ nanoparticles by a novel microwave irradiation technique // Journal of Materials Science: Materials in Electronics. – 2017. – Vol.28. – P.5.
73. Reis KP, Ramanan A, Whittingham MS. Hydrothermal synthesis of sodium tungstates // Chemistry of Materials. - 1990. – Vol.2. – P.219-221.
74. Feng XJ, Zhai J, Jiang L. The fabrication and switchable superhydrophobicity of TiO₂ nanorod films // Angewandte Chemie International Edition. – 2005. – Vol.44. – P.5115-5118.
75. Chung-Sik K, Byung Kee M, Jong-Ho P, Byung-Chun Ch, Hyo-Jin S. . Solvothermal synthesis of nanocrystalline TiO₂ in toluene with surfactant // Journal of Crystal Growth. – 2003. – Vol.257. – P.309-315.
76. Kumar B., Cumbal L. Light harvesting titanium nanocatalyst for remediation of methyl orange // International Journal of Chemical and Molecular Engineering. – 2014. – Vol.8. – P.196-199.
77. Das R., Sarkar S., Chakraborty S., Choi H., Bhattacharjee C. Remediation of antiseptic components in wastewater by photocatalysis using TiO₂ nanoparticles // Industrial and Engineering Chemistry Research – 2014. – Vol.53. – P.3012–3020.
78. Alicanoglu P., Sponza D. Photodegradation of levofloxacin antibiotic via graphene/TiO₂ and its reusability // International Journal of Waste Resources. – 2017. – Vol.38. – P.7

79. Khraisheh M., Kim J., Campos L., Al-Muhtaseb A., Walker G., AlGhouthi M. Removal of carbamazepine from water by a novel TiO₂-coconut shell powder UV process: composite preparation and photocatalytic activity. // Environmental Engineering Science - 2013 – Vol.30 – P.515–526.
80. Theron J., Walker J., Cloete T. Nanotechnology and water treatment: applications and emerging opportunities // Critical Reviews in Microbiology. – 2008. – Vol.34. – P.43–69.
81. Vatanpour V., Karami Asma., Sheydaei Mohsen. Central composite design optimization of Rhodamine B. degradation using TiO₂ nanoparticles/UV/PVDF process in continuous submerged membrane photoreactor // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. – 2017. – Vol.116. – P.68–75.
82. Quetel C., Vassileva E., Petrov I., Chakarova K., Hadjiivanov K. First results on Fe solid-phase extraction from coastal seawater using anatase TiO₂ nano particles. Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2010. – Vol.396. – P.234–236.
83. Baneshi M., Rezaei S., Sadat A., Mousavizadeh A., Barafrashtehpour M., Hekmatmanesh H. Investigation of photocatalytic degradation of diazinon using titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles doped with iron in the presence of ultraviolet rays from the aqueous solution // Bioscience Biotechnology Research Communications. – 2017. – Vol.10. – P.60–67.
84. Yang F., Hong F.S. Influence of nano-anatase TiO₂ on the nitrogen metabolism of growing spinach // Biological Trace Element Research. – 2006. – Vol.110. – P.179–190.
85. Raliya R., Nair R., Chavalmane S., Wang W., Biswas P. Mechanistic evaluation of translocation and physiological impact of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles on the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plant // Metallomics. – 2015. – Vol.7. – P.158–160.
86. Yuan Y., Ding J., Xu J., Deng J., Guo J. TiO₂ nanoparticles co-doped with silver and nitrogen for antibacterial application // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. – 2010. – Vol.10. – P.4868–4874.

87. Szacilowski K., Macyk W., Drzewiecka-Matuszek A., Brindell M., Stochel G. Bioinorganic photochemistry: frontiers and mechanisms // *Chemical Reviews*. – 2005. – Vol.105. – P.2647–2694.
88. Jacobs J.J., Skipor A.K., Black J., Urban R., Galante J.O. Release and excretion of metal in patients who have a total hip-replacement component made of titanium-base alloy // *The Journal of bone and joint surgery. American volume* – 2000 – Vol/73 – P.1475–1486.
89. Wiesenthal A., Hunter L., Wang S., Wickliffe J., Wilkerson M. Nanoparticles: small and mighty // *International Journal of Dermatology*. – 2011. – Vol.50 – P.247–254.
90. Popov A.P., Priezhev A.V., Lademann J., Myllyla R.. TiO₂ nanoparticles as an effective UV-B radiation skin-protective compound in sunscreens // *Journal of Physics D: Applied Physics*. – 2005. – Vol.38. – P.2564-2570.
91. Trouiller B., Reliene R., Westbrook A., Solaimani P., Schiest R.H. Titanium dioxide nanoparticles induce DNA damage and genetic instability in vivo in mice // *Cancer Resert*. – 2009. – Vol.69. – P.87.
92. Sul Y.T. Electrochemical growth behavior, surface properties, and enhanced in vivo bone response of TiO₂ nanotubes on microstructured surfaces of blasted, screw-shaped titanium implants // *International Journal Nanomedicine*. – 2010. – Vol.5. – P.87–100.
93. Mboniyirivuze A., Zongo S., Diallo A., Bertrand S., Minani E., Yadav L., Mwakikunga B., Dhlamini S., Maaza M. Titanium dioxide nanoparticle biosynthesis for dye sensitized solar cells: review // *Materials Chemistry and Physics*. – 2015. – Vol.3. – P.12–17.
94. Baan R., Straif K., Grosse Y., Secretan B, El Ghissassi F., Cogliano V. Carcinogenicity of carbon black, titanium dioxide, and talc // *Lancet Oncol*. – 2006. – Vol.7. – P.295–296.
95. Kaida T., Kobayashi K., Adachi M., Suzuki F. Optical characteristics of titanium oxide interference film and the film laminated with oxides and their

applications for cosmetics // Journal of Cosmetic Science. – 2004. – Vol.55. – P.219–220.

96. Yang F., Hong F.S. Influence of nano-anatase TiO₂ on the nitrogen metabolism of growing spinach // Biological Trace Element Research. – 2006. – Vol.110. – P.179–190.

97. Raliya R., Nair R., Chavalmane S., Wang W., Biswas P. Mechanistic evaluation of translocation and physiological impact of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles on the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plant. Metallomics | Oxford Academic. 2015 – Vol.7 – P.158–159.

98. Adams L.K., Lyon D.Y., Alvarez P. Comparative eco-toxicity of nanoscale TiO₂, SiO₂, and ZnO water suspensions // Water Research. – 2006. – Vol. 40(19). – P. 3527–3532.

99. Wu S.G., Huang L., Head J., Ball M., Tang Y.J., Chen D-R. Electrospray facilitates the germination of plant seeds // Aerosol and Air Quality Research: Open Access Journal. – 2014. – Vol.14. – P. 632-641.

100. H. Mahmoodzadeh, M. Nabavi, H. Kashefi. Effect of nanoscale titanium dioxide particles on the germination and growth of canola (*Brassica napus*) // Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants. – 2013. – Vol.3. – P. 25-32.

101. Fan Y, Fashui H, Wenjuan Y, Ping Y. Influence of nano-anatase TiO₂ on the nitrogen metabolism of growing spinach // Biological Trace Element Research. – 2006. – Vol.110. – P.179-190.

102. Dehkourdi E.H., Mosavi M. Effect of anatase nanoparticles (TiO₂) on parsley seed germination (*Petroselinum crispum*) in vitro // Biological Trace Element Research. – 2013. – Vol.155. – P. 283-286.

103. Hamuda H.E.B. Influence of engineered metal oxide nanoparticles on seed germination, seedling development and chlorophyll content // Obuda University e-Bulletin. – 2015. – Vol.5. – P.79.

104. Silva S., Oliveira H., Craveiro S., Calado A., Santos C. Pure anatase and rutile+anatase nanoparticles differently affect wheat seedlings // Chemosphere. – 2016. – Vol.151. – P. 68–75.

105. Song U., Jun H., Waldman B., Roh J., Kim Y., Yi J., Lee E.J. Functional analyses of nanoparticle toxicity: a comparative study of the effects of TiO₂ and Ag on tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2013. – Vol.93. – P.60–67.

106. DođarođluZ.G.. Effects of TiO₂ and ZnO nanoparticles on germination and antioxidant system of wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Applied Ecology and Environmental Research*. – 2017. – Vol.15. – P.1499-1510.

107. Hund-Rinke K., Simon M. Ecotoxic effect of photocatalytic active nanoparticles (TiO₂) on algae and daphnids // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2006. – Vol.13(4). – P. 225–232.

108. Malandrakis A.A., Kavroulakis N, Avramidou M, Papadopoulou K.K., Tsaniklidis G, Chrysikopoulos C.V. Metal nanoparticles: Phytotoxicity on tomato and effect on symbiosis with the *Fusarium solani* FsK strain // *Science of The Total Environment*. – 2021. - Vol.787. – P.5-8.

109. Hojjat S.S., Hojjat H.. Effect of nano silver on seed germination and seedling growth in fenugreek seed // *ETP International Journal of Food Engineering*. – 2015. – Vol.1. – P. 106-110.

110. T. Adhikari, S. Kundu, A.K. Biswas, J.C. Tarafdar, A.S. Rao. Effect of copper oxide nano particle on seed germination of selected crops // *Journal of Agricultural Science and Technology*. – 2012. – Vol.2. – P. 815

111. Zhiyuana Lv, Hongda S, Wei D, Ruoyi L, Hui M, Kopittke P.M. Interaction of different-sized ZnO nanoparticles with maize (*Zea mays*): Accumulation, biotransformation and phytotoxicity // *Science of The Total Environment*. – 2021. – Vol.796. – P.4-7.

112. Ullah H., Li X., Peng L., Cai Y., Mielke H.W. In vivo phytotoxicity, uptake, and translocation of PbS nanoparticles in maize (*Zea mays* L.) plants // *Science of The Total Environment*. – 2020. – Vol.737. – P.7.

113. Gunjan B., Zaidi M.G.H. Impact of gold nanoparticles on physiological and biochemical characteristics of *Brassica juncea* // *Journal of Plant Biochemistry and Physiology*. – 2014. – Vol.2(3). – P. 2329-9029.

114. Qiang W, Xingmao M, Wen Z, Haochun P, Yongsheng C. The impact of cerium oxide nanoparticles on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and its implications for food safety // *Metallomics*. – 2012. – Vol.4. – P.1105–1112.
115. Prasad R., Suranjit P.K. Nanotechnology in sustainable agriculture: present concerns and future aspects // *African Journal of Biotechnology*. – 2014. – Vol.13. – P.706-713.
116. Wade E., Ma C., White J. Nanoparticles for plant disease management // *Current Opinion in Environmental Science and Health*. - 2018. – Vol.6. – P.66-70.
117. Elmer W., White C.J. The future of nanotechnology in plant pathology // *Annual Review of Phytopathology*. - 2018. – Vol.56. – P. 111-133.
118. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.
119. Moll J., Klingenfuss F., Widmer F., Gogos A., Bucheli T.D., Hartmann M, Van der Heijden M G.A. Effects of titanium dioxide nanoparticles on soil microbial communities and wheat biomass // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2017. - Vol.111. – P.85-93.
120. Российская Федерация. Трудовой кодекс Российской Федерации: Трудовой кодекс РФ № 197-ФЗ (ред. от 01.03.2022): [принят Государственной думой 21 декабря 2001 года]. – Москва, 2001. – 290 с.
121. Российская Федерация. Законы. О специальной оценке условий труда: Федеральный закон N 426-ФЗ (ред. от 30.12.2020): [принят Государственной думой 23 декабря 2013 года]. – Москва, 2013. – 28 с.
122. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения): утверждены ФГУ «Центр экологического контроля и анализа» 04.09.2003. – Москва: Министерство природных ресурсов РФ, 2003. – 30 с.
123. ГОСТ 12.2.007.0-75. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности: дата введения 1978-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 13 с.

124. ГОСТ Р 56748.1-2015. Нанотехнологии. Наноматериалы. Менеджмент риска. Часть 1 Общие положения: дата введения 2016-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127486> (дата обращения: 1.05.2022). – Текст : электронный.

125. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения: дата введения 2016-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127486> (дата обращения: 1.05.2022). – Текст : электронный.

126. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения 2017-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 1.05.2022). – Текст : электронный.

127. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: дата введения 1989-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата обращения: 1.05.2022). – Текст : электронный.

128. ГОСТ 9808-84 Двуокись титана пигментная. Технические условия. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200019386> (дата обращения: 11.05.2022). – Текст : электронный.

129. ГОСТ 12.1.001-89. Ультразвук. Общие требования безопасности: дата введения 1991-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200273> (дата обращения: 1.04.2022). – Текст : электронный.

130. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий нормы и методы измерений: дата введения 2014-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200105707> (дата обращения: 1.04.2022). – Текст : электронный.

131. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-80

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

132. 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.

133. 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.

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

135. 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 постанов. глав. гос. санитар. врача РФ от 28.01.2021 N 2. – Москва: Минюст, 2008. – 1143 с.

136. ГОСТ 9808-84 Двуокись титана пигментная. Технические условия. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200019386> (дата обращения: 11.05.2022). – Текст : электронный.

137. Гайнуллина Г.Р., Федоров Г.Ю. Очистка сточных вод от кислот и щелочи // Вестник магистратуры. – 2014. – №12-1 (39). – Р. 53–55.

138. Вертинский А.П. Физико-химические методы очистки сточных вод: проблемы, современное состояние и возможные пути совершенствования // Инновации и инвестиции. – 2019. – №11. – Р. 257–261.

139. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения: дата введения 1986-07-01. – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/1200003200> (дата обращения: 1.04.2022). – Текст : электронный.

140. ГОСТ Р 55064-2012. Натр едкий технический. Технические условия: дата введения 2013-10-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101778> (дата обращения: 1.04.2022). – Текст : электронный.

141. Цицуашвили В. С., Минкина Т. М., Невидомская Д. Г. Воздействие наночастиц меди на растения и почвенные микроорганизмы (обзор литературы) // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. – № 3(39). – Р. 93–100.

142. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования: дата введения 1992-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения: 1.04.2022). – Текст : электронный.

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

144. 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.

145. 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.

Приложение I

Experimental technique Results and discussion

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ0И	Алпысбай Б.Б.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения иностраннных языков	Демидова О.М.		

Experimental technique

2.1. Objects of the study

The objects of the study were three types of TiO₂ nanoparticles obtained by different manufacturers (Table 2.1).

Table 2.1. Properties of nanoparticles according to the manufacturer's data

Sample	Compound	Average size / Specific surface area	Manufacturer
TO ₂ -32	anatase 80% rutile 20%	20 nm / 35 m ² /g	NanoAmor, USA
TiO ₂ -47	rutile/ anatase >99,5 %	40 nm / 10 m ² /g	PlasmaChem, Germany
TiO ₂ -100		100 nm	Plasma-Therm, Russia

As objects of bio-testing, wheat seeds of the Triso-II variety harvested in 2019 (IP Orishchenko, Tomsk region, Russia) were selected. Wheat seeds are available and actively used in experiments to assess root formation at the stage of seed germination. Seeds were stored in air-purged containers at 25±0.5°C at a moisture content of 30–45%.

2.2. Determination of the morphology of nanoparticles

Transmission electron microscopy (TEM) was used to study the NP morphology. The electron beam generated by the lighting system falls on the object and is scattered. Further, the scattered wave by an objective lens is converted into an image, which is enlarged by intermediate lenses. The resulting black and white images are used for morphological and dispersive imaging materials.

TEM images were obtained on a JEM-1400 transmission electron microscope (Jeol, Japan) with a resolution of 0.24 nm and a maximum accelerating voltage of 200 kV. All measurements were carried out at an accelerating voltage of 120 kV. The result was a light- and dark-field image of particles and aggregates, the processing of which made it possible to construct the particle size distribution, as well as to determine the sizes of aggregates and the degree of aggregation of dry particles.

Analysis of variance was performed using ImageJ. The size of 632 particles was defined as the diameter of the circle into which the particle fits. The data obtained were used to calculate the interval size distribution of particles (the number of columns was at least 6) and to calculate the arithmetic mean particle size.

2.3. Preparation of solutions and suspensions

2.3.1. Preparation of Hewitt's solution

As a germination medium in the work, Hewitt's solution was prepared, which was also used as a control. The composition of the solution is presented in table 2.2. The solution was prepared on the basis of distilled water (pH=6.2, distiller DE-4, (Mediko, Russia).

Table 2.2. Composition of Hewitt's solution

Macrocomponents of the solution	Concentration, mg-eq/l	Microcomponents of the solution	Concentration, mg-eq/l
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	8	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$\sim 10^{-6}$
KH_2PO_4	2	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$\sim 10^{-6}$
$\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	2	$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$	$\sim 10^{-6}$
KNO_3	2	MnSO_4	$\sim 10^{-5}$
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	3	H_3BO_3	$5 \cdot 10^{-5}$
NH_4NO_3	1	Хелат Fe	$5 \cdot 10^{-5}$

The solution was stored for 3 - 4 days.

2.3.2. Preparation of suspensions of nanoparticles

The stock suspension of NPs was prepared as follows. To 1000 mg of NPs weighed on an ALC-110d4 analytical electronic balance (Acculab, USA, accuracy ± 0.0001 g), 50 ml of Hewitt's solution was added to a plastic container. After that, the closed jars were placed in an ODA-LQ40 ultrasonic bath (ODA-Service, Russia) for 15 min at a power of 120 W. Further, suspensions with particle concentrations of 1, 10, 100, and 1000 mg/L were prepared from the stock suspension by dilution.