

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»
 Отделение школы Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Влияние pH и аминокислот на коллоидные свойства наночастиц TiO₂ в водных растворах

546.824-31-022.532:544.355

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Ван Нана		

Руководитель ВКР

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

Нормоконтроль

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Т.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А.А.	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2021 г.

**Результаты обучения по направлению
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-4), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-8, ПК-11), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.4, 4.8)
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.2, 4.3, 4.7, 4.8)
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 3.1, 3.2, 3.3), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий	Требования ФГОС (ПК-3, 4, 6, 7, 11, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.4, 4.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.3, п. 2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-10, ПК-14), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4, 4.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4, 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-7), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство	Требования ФГОС (ОК-8, ОК-9, ПК-12, ОПК-5), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1, 4.3, 4.4, 4.6, 2.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.12), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-19), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»
 Отделение школы Отделение материаловедения

УТВЕРЖДЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Ваулина О.Ю.
 « ____ » _____ 2021 г.

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
154Б72	Ван Нана

Тема работы:

Влияние рН и аминокислот на коллоидные свойства наночастиц TiO_2 в водных растворах	
Утверждена приказом директора ИШ НПТ	№ 57-53/с от 26.02.2021 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2021 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Источники литературы: базы данных www.sciencedirect.com , www.elibrary.ru , https://link.springer.com , www.elsevier.com . 2. Экспериментальные данные, полученные в НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии» Томского политехнического университета и на кафедре функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС». 3. Объекты исследования: нанопорошки оксида титана 4. Требования к продукту: зависимости влияния рН и кислотности аминокислот на агрегацию наночастиц TiO_2 в водных суспензиях.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. сделать обзор литературы по классификации, применению и агрегации наночастиц TiO_2 в растворах аминокислот; 2. провести дисперсионный анализ наночастиц с помощью просвечивающей электронной микроскопии; 3. изучить основы и возможности метода динамического рассеяния света для анализа наночастиц в суспензиях; 4. показать влияние рН на дисперсионные и электрокинетические свойства наночастиц TiO_2 в растворах аминокислот (глутаминовая кислота, цистеин, глицин, лизин и аргинин).

Перечень графического материала	Микрофотографии нанопорошков, кривые распределения частиц по размерам, графики изменения дисперсионных и электрокинетических свойств наночастиц в водных суспензиях.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Былкова Т.В..
Социальная ответственность	Сечин А.А.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	26.04.2021 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент отделения материаловедения	Годымчук А.Ю.	к.т.н.		26.04.2021 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Ван Нана		26.04.2021 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
154Б72	Ван Нана

Школа	ИШНПТ	Отделение школы	отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	22.03.02 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	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Анализ конкурентных технических решений 2. SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Планирование работ 2. Разработка графика Ганта 3. Формирование бюджета затрат
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка потенциального эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.04.2021 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Т.В.	к.э.н		26.04.2021 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Ван Нана		26.04.2021 г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
154Б72	Ван Нана

Школа	ИШНПТ	Отделение	отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	22.03.02 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Влияние pH и аминокислот на коллоидные свойства наночастиц TiO₂ в водных растворах	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект: наночастицы оксида титана Область применения: экологические катализаторы, солнечные элементы, очистка воды
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Отклонение показателей микроклимата. 2. Превышение уровня шума. 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 5. Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания
3. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы). Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы). Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Авария, взрыв, пожар

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	26.04.2021 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А.А.	д.т.н.		26.04.2021 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Ван Нана		26.04.2021 г.

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Отделение школы Отделение материаловедения

Уровень образования Бакалавриат

Период выполнения Осенний, весенний семестры 2021/2022 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.05.2021	1. Литературный обзор	20
25.05.2021	2. Экспериментальная часть	20
10.06.2021	3. Обсуждение результатов и оформление работы	35
10.05.2021	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
10.05.2021	5. Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 57 страниц, 13 рисунков, 22 таблиц и 57 источников.

Ключевые слова: наночастицы диоксида титана, аминокислоты, коллоидные свойства, агрегация, метод динамического рассеяния света, водная суспензия.

Объекты исследования: наночастицы TiO_2 .

Целью выпускной квалификационной работы является изучение влияния pH и кислотности аминокислот на агрегацию наночастиц TiO_2 в водных суспензиях.

В процессе исследования дисперсионный анализ наночастиц проведен с помощью просвечивающей электронной микроскопии. В работе изучили основы и возможности метода динамического рассеяния света для анализа наночастиц в суспензиях.

В результате исследования показывают, что влияние pH на дисперсионные и электрокинетические свойства наночастиц TiO_2 в растворах аминокислот (глутаминовая кислота, цистеин, глицин, лизин и аргинин).

Область применения: наночастицы TiO_2 широко используются в коммерческих применениях, в том числе как косметические добавки, экологические катализаторы, солнечные элементы, запоминающие устройства и пищевые красители.

Экономическая эффективность/значимость работы: результаты работы предлагают оптимальные условия приготовления стабильной суспензии наночастиц TiO_2 путем ультразвуковой обработки.

В будущем планируется подробно изучить влияние размера и состава наночастиц диоксида титана на их адсорбционные свойства наночастиц в растворах аминокислот.

Обозначения, принятые в работе:

НЧ – наночастицы

ПЭМ – просвечивающая электронная микроскопия

ДРС – Динамическое рассеяние света

АК – аминокислота

Glu – глутаминовая кислота

Cys – цистеин

Gly – глицин

Lys – лизин

Arg – аргинин

ZP– ξ -потенциал

d_{cp} – средний размер

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	8
ВВЕДЕНИЕ	11
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	12
1.1. Определение и классификация наночастиц	12
1.2. Применение наночастиц TiO ₂	12
1.3. Агрегация наночастиц TiO ₂ в водных растворах аминокислот.....	13
1.4. Метод динамического рассеяния света.....	15
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	18
2.1. Объекты исследования	18
2.2. Просвечивающая электронная микроскопия	18
2.3. Приготовление суспензий	19
2.4. Измерение размера и заряда частиц	19
3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	21
3.1. Морфологические свойства наночастиц.....	21
3.2. Агрегация наночастиц в воде.....	22
3.3. Влияние pH на агрегацию наночастиц в воде	22
3.4. Влияние pH и природы аминокислоты на заряд частиц TiO ₂ в растворах аминокислот	22
3.5. Влияние pH на размер частиц TiO ₂ в растворах аминокислот	23
3.6. Влияние природы аминокислоты на средний размер частиц	25
3.7. Выводы по разделу	26
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	28
4.1. Общая информация.....	28
4.2. Потенциальные потребители результатов исследования	28
4.3. Анализ конкурентных технических решений	28
4.4. SWOT-анализ.....	29
4.5. Структура работ в рамках научного исследования	31
4.6. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	32
4.7. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	35
4.8. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	39
4.9. Выводы по разделу	40
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	41

5.1	Введение	41
5.2	Анализ выявленных вредных факторов.....	41
5.2.1	<i>Микроклимат производственной среды</i>	43
5.2.2	<i>Анализ выявленных опасных факторов</i>	43
5.2.3	<i>Анализ показателей шума</i>	44
5.2.4	<i>Анализ освещенности рабочей зоны</i>	45
5.3	Охрана окружающей среды	46
5.3.1	<i>Защита в чрезвычайных ситуациях</i>	47
5.3.2	<i>Анализ электробезопасности</i>	48
5.3.3	<i>Анализ пожарной безопасности</i>	48
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	49
5.5	Выводы по разделу	49
6.	СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА	51
7.	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	52

ВВЕДЕНИЕ

Наночастицы TiO_2 широко уже используются или имеют большие перспективы в качестве косметических добавок [1], экологических катализаторов [2], солнечных элементов [3], запоминающих устройств [4], пищевых добавок [5] и компонентов фильтров для очистки воды [6]. С учетом расширения спектров применения увеличиваются и объемы получения наночастиц. В процессе получения и потребления наночастицы через различные пути могут попадать в водные среды [7] и взаимодействовать с живыми организмами [8] и представлять угрозу для здоровья человека и экосистем.

В литературе показано, что биологические свойства наночастиц зависят от их агрегационного состояния, определяемого составом окружающей воды, pH, а также свойствами и составом самих наночастиц [9-11]. Поэтому данные о физико-химических свойствах необходимы для прогнозирования свойств и установления механизмов взаимодействия с клетками. Однако, не смотря на важность изучения этого вопроса, до сих пор в литературе недостаточно данных по влиянию состава водной среды на коллоидные свойства наночастиц TiO_2 в растворах.

Целью выпускной квалификационной работы является показать влияние pH и кислотности аминокислот на агрегацию наночастиц TiO_2 в водных суспензиях.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) сделать обзор литературы по классификации, применению и агрегации наночастиц TiO_2 в растворах аминокислот;
- 2) провести дисперсионный анализ наночастиц с помощью просвечивающей электронной микроскопии;
- 3) изучить основы и возможности метода динамического рассеяния света для анализа наночастиц в суспензиях;
- 4) показать влияние pH на дисперсионные и электрокинетические свойства наночастиц TiO_2 в растворах аминокислот (глутаминовая кислота, цистеин, глицин, лизин и аргинин).

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Определение и классификация наночастиц

Наночастица – изолированный твёрдофазный объект, имеющий отчётливо выраженную границу с окружающей средой, размеры которого во всех трёх измерениях составляют от 1 до 100 нм. Различают наночастицы и наноматериалы трех-, дву-, одно- и нульмерные (3D, 2D, 1D и 0D, соответственно). Примерами 0D-частиц могут быть фуллерены, квантовые точки и коллоидные растворы, 1D – нанотрубки, нановолокна и нанокапилляры. К 2D частицам относят нанопленки и нанослои, а к 3D – нанокерамики, наностекла и нанометаллы [12].

1.2. Применение наночастиц TiO₂

Наночастицы TiO₂ уже нашли и имеют перспективы для применения в катализе, медицине, природоохранных технологиях и других сферах.

Так, наночастицы TiO₂ могут быть полезны для нейтрализации пестицидов, ставших во всем мире большой проблемой наряду с применением боевых отравляющих веществ, террористических актах или авариях. Так, с использованием наночастиц TiO₂ с размером 8...50 нм началась разработка так называемых «умных тканей», способных к «самообеззараживанию», т.е. к разложению токсичных химических веществ [13]. Кроме того, для создания текстиля важны такие свойства как гидрофобность/гидрофильность, защита от ультрафиолета, антибактериальные и фотокаталитические свойства [14].

TiO₂ является фотокаталитически активным, стабилен (как в кислотной, так и в основной среде), в изобилии, нетоксичен и относительно дешев, поэтому наноматериалы на основе TiO₂ считаются лучшими кандидатами для использования в солнечных системах очистки воды, работающих в бедных странах [15].

Не смотря ни на то, что TiO₂ имеет низкую эффективность для применения на солнечных батареях из-за своей широкой запрещенной зоны (3,2 эВ, которая позволяет использовать только 7% солнечного излучения), он обладает высокой окислительной способностью, способной минерализовать практически все органические молекулы и поглощать большие количества солнечного излучения [3]. Так была показана деградация метиленового синего красителя изучали в присутствии частиц TiO₂ и Ag-TiO₂ с размерами 10...20 нм в УФ и видимом свете [2].

Наночастицы TiO₂ могут применяться для борьбы с патогенными организмами, как было показано, присутствие наночастиц TiO₂ привело к окислению полиненасыщенного фосфолипидного компонента липидной мембраны и вызывало серьезное нарушение в клеточной мембране и потерю жизнеспособности кишечной палочки (бактерий *Escherichia*

coli) [16]. Поскольку частицы TiO_2 могут поглощаться клеткой посредством фагоцитоза, клетки повреждаются также изнутри цитоплазмы [17].

Наночастицы TiO_2 могут применяться для терапии раковых заболеваний. Так, модифицированные фолиевой кислотой наночастицы TiO_2 были интернализированы раковыми клетками с гораздо большей скоростью, чем немодифицированные частицы [18].

Наночастицы TiO_2 можно использовать в качестве пищевого красителя. Пищевой TiO_2 (E171) - это синтетическая добавка, широко используемая в качестве красителя во многих пищевых продуктах, фармацевтических препаратах и товарах личной гигиены [19].

Наночастицы TiO_2 могут применяться для хранения энергии. Новая гибридная пятикомпонентная смесь высокотемпературных солей на основе GO / TiO_2 показала лучшую надежность и стабильность для приложений хранения энергии [20].

1.3. Агрегация наночастиц TiO_2 в водных растворах аминокислот

Литературный обзор показал, что на агрегацию наночастиц влияет большое число факторов, включая кислотность среды (pH), температура, размер частиц, ионная сила и заряд частиц [21]. В таблице 1.1 сведены данные по агрегации наночастиц TiO_2 в водных растворах аминокислот и других поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Таблица 1.1. Имеющиеся данные по агрегации наночастиц TiO_2 в водных растворах аминокислот

Наночастицы	Условия эксперимента: среда, ПАВ, pH и т.д.	Результат	Источник
TiO_2 20 нм 40 мг/л Evonik Degussa GmbH, Düsseldorf, Germany	Растворы гуминовой кислоты (НА) - 0...3 мг/л, pH = 5,5 сверхчистая вода, pH=3...10 Тетрациклин $C_{22}H_{24}N_2O$ (0 ... 30 мг/л)	Молекулы тетрациклина не проявляют очевидного влияния на агрегацию НЧ TiO_2 . Комбинация ТС и НА может улучшить агрегацию наночастиц TiO_2	[22]
TiO_2 15 нм 10 мг/л Sigma-Aldrich	Альбумин бычьей сыворотки (АБС), [АБС]=0,01...10 мг/л pH=3...10	В сверхчистой воде постепенное увеличение [АБС] приводит к агрегации, когда заряды АБС и НЧ противоположны Когда НЧ добавляли в раствор, содержащий АБС, агрегация предотвращалась из-за образования короны.	[23]
TiO_2 40 нм 5...20 мг/л	Синтетическая вода с гуминовой кислотой ($WATER_{HA}$) Поверхностная вода	Эффективность коагуляции НЧ TiO_2 в $WATER_{HA}$ была немного выше, чем в $WATER_{MW}$ и $WATER_{XO}$, особенно при pH 5 и	[24]

Наночастицы	Условия эксперимента: среда, ПАВ, pH и т.д.	Результат	Источник
Aladdin Co (China)	(WATER _{XQ}) Бытовые сточные воды (WATER _{MW}) pH=5 и pH=9	pH 7.	
TiO ₂ 25 нм 300 мг/л NanoAmor (США)	Лизин (>98.5%) Глицин (>98.5%) Глутаминовая кислота (>99%) Серми (>99%) Среды для pH: 2- (N-морфолино) этансульфоновая кислота (МЕС), pH = 6.0 4- (2-гидроксиэтил) -1-пиперазинэтансульфоновая кислота (ХЕПЕС), трис (гидроксиметил), pH = 7.4 метиламинопропансульфоновая кислота (ТАПС), pH = 9.0	Адсорбция глутамин уменьшается с увеличением pH. Адсорбция серина на поверхности наночастиц TiO ₂ является максимальной в районе pH _{ИЗР} (pH нулевого заряда)	[25]
TiO ₂ 21 нм 10 мг/л Sigma-Aldrich	Внеклеточное полимерное вещество (ВПВ), 100 мг/л NaCl и CaCl ₂ , pH=8.0	Добавление ВПВ к 0,05-10 mM NaCl и CaCl ₂ привело к резкому снижению скорости агрегации и увеличению значений критической концентрации коагуляции. Для 11 mM NaCl и выше агрегация была слабее. Адсорбированный ВПВ на TiO ₂ приводил к стерическому отталкиванию, которое стабилизировало суспензию НЧ.	[26]
TiO ₂ 10 нм 100 мг/л Sigma-Aldrich Trading Co., Ltd.	Фульвокислота (ФК), 10 мг/л, Гуминовая кислота (ГК), 10 мг/л Миллипорная вода pH=11	ГК обладает большей гидрофобностью, чем ФК. Присутствие ГК или ФК снижает критическую концентрацию коагуляции наночастиц TiO ₂ . Наличие ГК еще больше снижает критическую концентрацию коагуляции наночастиц TiO ₂ .	[27]
TiO ₂ 21 нм 500 мг/л Sigma-Aldrich	Внеклеточные полимерные вещества (ВПВ), 0...250 мг/л Деионизованная вода,	Присутствие ВПВ существенно влияло на стабильность НЧ TiO ₂ . В деионизованной воде	[28]

Наночастицы	Условия эксперимента: среда, ПАВ, pH и т.д.	Результат	Источник
Trading Co., Ltd.	4 °C NaCl pH=1, pH=5.0	агрегация НЧ вызывалась добавлением ВПВ при pH < pH _{ИЗР} (~6). При pH= pH _{ИЗР} , НЧ быстро образовывали большие агрегаты, но адсорбция ВПВ приводила к частичной фрагментации за счет электростатического отталкивания и стерических затруднений. При pH > pH _{ИЗР} на скорость агрегации минимально влияла повышенная [ВПВ]. Очевидно, что в растворе NaCl скорость агрегации НЧ TiO ₂ возрастает с увеличением [NaCl].	
TiO ₂ 25-30 нм Nanosabz Co.	Дикислоты на основе тримелтилимидо-аминокислот 15% весовых дикислот Метанол, 24 ч	Поверхность НЧ TiO ₂ была успешно модифицирована прививкой аминокислот, содержащих двухосновные кислоты. Эта модификация поверхности предотвращала агрегацию и однородное диспергирование наночастиц TiO ₂ .	[29]

Литературный обзор показал, что агрегация наночастиц усиливается при добавлении гуминовых кислот и фульвокислот, повышении концентрации АБС (при противоположных зарядах АБС и НЧ), увеличении pH, повышении концентрации NaCl и CaCl₂ и увеличении концентрации ВПВ (когда pH был ниже точки нулевого заряда НЧ TiO₂ в деионизированной воде).

1.4. Метод динамического рассеяния света

Динамическое рассеяние света (ДРС, фотонная корреляционная спектроскопия; квазиупругое рассеяние света) – метод измерения размеров наночастиц, основанный на определении коэффициента диффузии дисперсных частиц в жидкости путем анализа характерного времени флуктуаций интенсивности рассеянного света [30].

Суть метода динамического рассеяния света состоит в следующем: хаотическое броуновское движение дисперсных частиц вызывает флуктуации их локальной концентрации. В свою очередь, эти флуктуации приводят к локальным неоднородностям показателя преломления среды. При прохождении лазерного луча через такую среду часть света будет

рассеяна на этих неоднородностях. Флуктуации интенсивности рассеянного света будут соответствовать флуктуациям локальной концентрации дисперсных частиц, а коэффициент диффузии однозначно связан с радиусом частицы (рис.1.1).

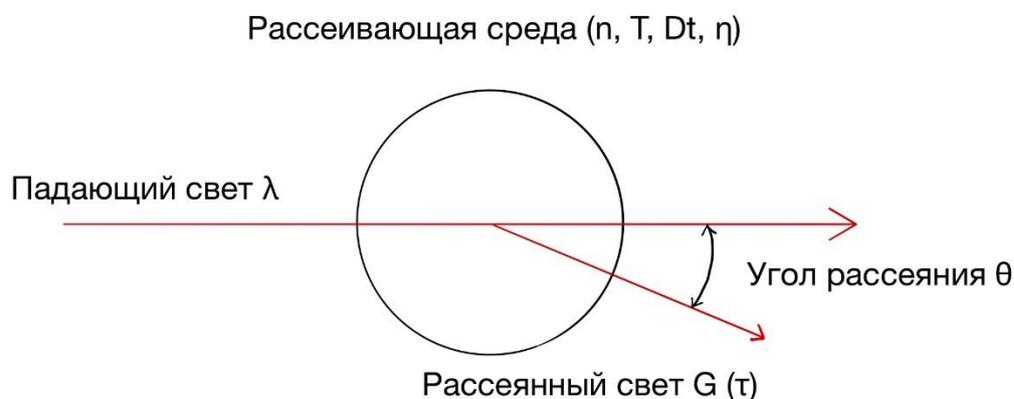


Рисунок 1.1. Схема процесса рассеяния света

Основные идеи метода динамического рассеяния света:

- Броуновское движение дисперсных частиц или макромолекул в жидкости приводит к флуктуациям локальной концентрации частиц. Результатом этого являются локальные неоднородности показателя преломления и соответственно – флуктуации интенсивности рассеянного света при прохождении лазерного луча через такую среду.
- Коэффициент диффузии частиц обратно пропорционален характерному времени релаксации флуктуаций интенсивности рассеянного света. Это характерное время, в свою очередь, есть время затухания экспоненциальной временной корреляционной функции рассеянного света, которая измеряется с помощью цифрового коррелятора.
- Размер частиц d рассчитывается по формуле Стокса-Эйнштейна (1.1), которая связывает размер частиц с их коэффициентом диффузии и вязкостью жидкости [31]:

$$d = 2 \frac{kT}{6\pi\eta D}, \quad (1.1)$$

где k – постоянная Больцмана, η – вязкость дисперсанта, T – температура.

Если частицы статичны, то ожидается, что будет наблюдаться постоянная во времени интенсивность рассеяния, однако, на практике частицы диффундируют из-за броуновского движения, и интенсивность рассеянного света колеблется около значения эквивалентной статической интенсивности (динамическая интенсивность) [32].

В методе ДРС цифровой коллектор постоянно добавляет (складывает) и перемножает в масштабе короткого времени колебания измеренной интенсивности рассеяния, создавая корреляционную кривую для образца. Основным измеряемым параметром, характеризующим степень разбиения агломератов наночастиц в методе ДРС, является гидродинамический

радиус. Гидродинамический радиус определяется как радиус твердой сферы, которая диффундирует с такой же скоростью как реальная частица при тестировании.

В литературе есть много примеров применения метода ДРС для изучения коллоидных свойств наночастиц. Так, агрегацию наночастиц Au, индуцированную ионами ртути, изучали с помощью ДРС [33] и показали, что увеличенный гидродинамический диаметр можно определить по сигналам ДРС только при концентрации Hg^{2+} в диапазоне 1,0...2,5 мкМ и линейной зависимости между средними гидродинамическими диаметрами полученных агрегатов.

Метод ДРС также был использован для дисперсионного анализа наночастиц лидокаина в безводной микроэмульсии [34].

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1. Общая информация

Целью выпускной квалификационной работы является изучение влияния pH и кислотности аминокислот на агрегацию наночастиц TiO_2 в водных суспензиях.

Целью данного раздела ВКР является оценка перспективности разработки и планировании финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках НИ. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы: будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает решение следующих задач:

- оценить коммерческий потенциал разработки;
- составить план научно-исследовательской работы;
- рассчитать бюджет научно-исследовательской работы;
- определить ресурсную, финансовую, бюджетную эффективность исследования.

4.2. Потенциальные потребители результатов исследования

Используя метод сегментирования, разделим потребителей разработки о наноматериалах различного состава. Основным критерием сегментирования потребителей будет место расположения компании-потребителя нашей разработки: 1) компания «HengGe Nanotechnology» находится в КНР; 2) компания «BaoKeTe New Materials» находится КНР; 3) компания «SaiNaDe Nanomaterials», находится КНР.

4.3. Анализ конкурентных технических решений

В процесс исследования рассматривались следующие конкурирующие разработки:

- 1) Изучение влияния добавки глутаминовой кислоты на агрегацию наночастиц TiO_2 в водных суспензиях.
- 2) Изучение влияния добавки цистеина на агрегацию наночастиц TiO_2 в водных суспензиях.
- 3) Изучение влияния добавки глицина на агрегацию наночастиц TiO_2 в водных суспензиях.
- 4) Изучение влияния добавки лизина на агрегацию наночастиц TiO_2 в водных суспензиях.

5) Изучение влияния добавки аргинина на агрегацию наночастиц TiO_2 в водных суспензиях.

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

Таблица 4.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности пользователей	0,06	5	3	3	0,2	0,12	0,12
2. Энергоэффективность	0,13	5	4	2	0,65	0,52	0,26
3. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,09	4	1	5	0,2	0,05	0,25
4. Помехоустойчивость	0,1	5	2	3	0,4	0,16	0,24
5. Потребность в ресурсах памяти	0,07	5	5	5	0,15	0,15	0,15
6. Простота эксплуатации	0,08	5	2	2	0,3	0,12	0,12
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Уровень проникновения на рынок	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Финансирование научной разработки	0,05	4	5	3	0,12	0,15	0,09
3. Послепродажное обслуживание	0,1	5	5	3	0,4	0,4	0,24
4. Наличие сертификации разработки	0,08	5	3	4	0,4	0,24	0,32
5. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	4	5	0,15	0,12	0,15
6. Срок выхода на рынок	0,07	5	5	5	0,15	0,15	0,15
Итого	1	58	44	45	3,62	2,68	2,59

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

$$K = \sum V_i \times B_i = 0,1 \times 4 = 0,4 \quad (4.1)$$

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

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что предложенная нами разработка является наиболее актуальной и перспективной, имеет конкурентоспособность.

4.4. SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта проведен SWOT-анализ. Представим интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить

эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.2–4.5.

Таблица 4.2 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

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

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

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

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

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

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

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

Результаты выполнения SWOT-анализа представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Результаты SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>C1. Низкая стоимость исходного сырья</p> <p>C2. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции</p> <p>C3. Взаимосвязи ТПУ с потенциальными заказчиками</p> <p>C4. Экологичность технологии</p> <p>C5. Квалифицированный персонал</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Невысокие объемы производства</p> <p>Сл3. Риск нарушения правил безопасности и возникновения различных непредвиденных ситуаций</p> <p>Сл4. Вероятность получения брака</p> <p>Сл5. Большой срок поставок материала, используемого при проведении научного исследования</p>
--	--	---

<p>Возможности В1. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Внедрение технологии в производство В4. Участие в грантах В5. Выход на зарубежные рынки</p>	<p>Направления развития В2С2. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции позволит расширить спрос В3С2С4. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции и экологичность технологии являются основанием для внедрения технологии в производство В4С2С4. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции и экологичность технологии позволит участвовать в грантах В5С1С2. Низкая стоимость исходного сырья и высокий уровень физико-механических свойств продукции является хорошим основанием для выхода на зарубежные рынки</p>	<p>Сдерживающие факторы В1Сл4. Новейшее оборудование позволит на ранних стадиях исследование выявить и предотвратить появление брака</p>
<p>Угрозы У1. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок У2. Разработка новых технологий конкурентами и снижение цен</p>	<p>Угрозы развития У1С1С2. Более ускоренные темпы разработки и производства и поиск технологического решения для ускорения технологического процесса</p>	<p>Уязвимости: У2Сл2. Разработка новых технологий для увеличения объема производства У1Сл4. Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения брака</p>

SWOT-анализа позволил определить факторы отрицательно влияющие на продвижение разработки на рынок. К таким факторам относятся: небольшие объемы производства; вероятность получения брака; длительность поставок материала, используемого при проведении научного исследования. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

4.5. Структура работ в рамках научного исследования

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

4.6. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

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

Для оценки трудоемкости проводимых работ представим расчет показателей: трудоемкость, продолжительность одной работы, календарный коэффициент

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

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

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

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения

работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{P_i} = \frac{t_{ожі}}{\Psi_i} \quad (4.3)$$

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

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

$$T_{кi.инж} = T_{P_i} \cdot k_{кал}, \quad (4.4)$$

где $T_{кi}$ – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{P_i} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

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

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{P_i}	Длительность работ в календарных днях $T_{Кi}$
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожі}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	1,1		2		2,1		2,4	2,9
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1,1	1,1	2	2	2,3	1,46	1,46	2

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
3. Обзор научной литературы		8		10		8,8	8,8	13
4. Выбор методов исследования		8		10		8,8	8,8	13
5. Планирование эксперимента		21		22		21,4	21,4	32
6. Проведение эксперимента		7		12		9	9	14
7. Анализ полученных результатов НИР		3		5		3,8	3,8	6
8. Корректировка расчетов		5		8		6,2	6,2	9
9. Оценка эффективности результатов		7		10		8,2	8,2	12
10. Составление пояснительной записки		7		10		8,2	8,2	12
11. Подготовка к защите темы		8		10		8,8	8,8	13
Итого	2,2	75,1	4	99		84,66	84,66	126

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

На основе таблицы 4.8 составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ														
				февр			март			апр			май					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1 Исп2	2,9															

№	Вид работ	Исп	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность работ												
				февр			март			апр			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	2													
3	Обзор научной литературы	Исп2	13													
4	Выбор методов исследования	Исп2	13													
5	Планирование эксперимента	Исп2	32													
6	Проведение эксперимента	Исп2	14													
7	Анализ полученных результатов НИР	Исп2	6													
8	Корректировка расчетов	Исп1 Исп1	9													
9	Оценка эффективности результатов	Исп1 Исп2	12													
10	Составление пояснительной записки	Исп2	12													
11	Подготовка к защите темы	Исп2	13													

Примечание:

||||| – Исп 1 (научный руководитель)

▒ – Исп 2 (инженер)

4.7. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Представим расчет потребности в материалах на НТИ в таблице в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Материальные затраты

Наименование статей	Кол-во/1 изд	Цена, руб./г	Итого затраты, руб.
Нано-порошок TiO ₂	5,0 г	150	750
Дистиллированная вода ГОСТ 6709-72, л	1	200	200
Глутаминовая кислота (Glu)	2,5	30	75
Цистеин (Cys)	2,5	10	25
Глицин (Gly)	2,5	1	2,5
Лизин (Lys)	2,5	10	25
Аргинин (Arg)	2,5	1	2,5
Маски	1	15	15

Мыло туалетное ГОСТ 28546- 2002 ГОСТ 790-89	1	37	37
Перчатки резиновые, технические ГОСТ 20010-93, пар	1	12	12
Итого:			1144 руб

Представим расчет потребности в оборудовании для научных (экспериментальных) работ в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Аналитические весы GR-202 (A&D Co Ltd., Япония, ± 0,0001 г)	1	10	200	200
2	pH-метр pH-150МИ (Измерительная техника, Россия)	1	10	15	15
3	Магнитная мешалка MR Hei-Tec (Heidolph Instruments GmbH & Co, Германия)	1	10	60	60
4	Гомогенизатор Ultra-Turrax Tube Drive (IKA., Германия)	1	10	50	50
5	УЗ-гомогенизатор UIP1000hd (преобразователь, Германия, 1000 Вт, 20 кГц)	1	10	150	150
6	Электронный микроскоп JEM-1400 (Jeol, Япония)	1	10	10000	10000
Итого:					10475 тыс. руб.

Представим расчет потребности в трудовых ресурсах для научных (экспериментальных) работ в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Расчет основной заработной платы исполнителей научных (экспериментальных) работ

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	k_{np}	k_{∂}	k_p	$Z_{м}, руб$	$Z_{\partialн}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	9	19325,7
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	120	219630,6
Итого:								238956,3

Отметим, что величину расходов по заработной плате определили с учетом трудоемкости выполняемых работ. В состав основной заработной платы включается оплата по окладу, премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 30 % от оклада, работников, непосредственно занятых выполнением НИИ

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.6)$$

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (4.7)$$

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

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (4.8)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_d) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (4.9)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_d) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

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

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{бон} = K_{бон} \times Z_{осн} = 0,15 \times 19325,7 = 2898,9 \text{ руб.} \quad (4.11)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{бол}} = K_{\text{бол}} \times Z_{\text{осн}} = 0,15 \times 219630,6 = 32944,59 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

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

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

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

Представим расчет отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

Для руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{бол}}) = 0,3 \times (19325,7 + 2898,9) = 6667,38 \quad (4.13)$$

Для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{бол}}) = 0,3 \times (219630,6 + 32944,59) = 76642,2 \quad (4.14)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2021 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

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

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

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Дисперсионные и седиментационные свойства наночастиц в гидрозолле» по форме, приведенной в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Бюджет затрат проекта

Статьи							
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
10475	1144	238956,3	38842,39	83309,58	372727,27	59636,36	432363,63

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

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегрального показателя ресурсоэффективности.

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

Таблица 4.15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Вар.1	Вар.2	Вар.3
1. Ремонтпригодность	0,1	3/0,3	4/0,4	5/0,5
2. Стабильность работы	0,1	3/0,3	4/0,4	4/0,4
3. Долговечность	0,15	3/0,45	3/0,45	5/0,75
4. Безопасность при использовании установки	0,20	5/1	5/1	5/1
5. Помехоустойчивость	0,15	3/0,15	4/0,6	4/0,6
6. Потребность в ресурсах памяти	0,15	4/0,6	3/0,45	4/0,6
7. Простота эксплуатации	0,15	5/0,75	4/0,6	5/0,75
ИТОГО	1	26/3,55	27/3,9	32/4,6

$$I_{p-вар1} = 3,55; I_{p-вар2} = 3,9; I_{p-вар3} = 4,6.$$

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

$$I_{вари} = \frac{I_{p-вари}}{I_{финр}}. \quad (4.15)$$

$$I_{вар1} = \frac{3,55}{1} = 3,55, I_{вар2} = \frac{3,9}{0,99} = 3,93, I_{вар3} = \frac{4,6}{0,92} = 5.$$

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

Таблица 4.16 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
1	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,55	3,9	4,6
2	Интегральный показатель эффективности	3,55	3,93	5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	Вар.1/Вар.2 = 0,91 Вар. 1/Вар. 3= 0,77	Вар. 2/Вар. 1 = 1,08 Вар. 2/Вар. 3 = 0,84	Вар. 3/Вар. 1 = 1,3 Вар. 3/Вар. 2 = 1,2

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

4.9. Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

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

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 126 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 85 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 41 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 432363,63 руб.;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,6, по сравнению с 3,9 и 3,55;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5, по сравнению с 3,93 и 3,55, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Введение

Научная деятельность осуществляется в лаборатории кафедры нанотехнологий и наноматериалов Томского Политехнического университета. Лаборатория находится на втором этаже корпуса номер 15 ТПУ. Общая площадь помещения лаборатории составляет 12 м² с размерами 3х4х3. Пол покрыт ламинатом, на стенах находится кафель, потолок побелен влагоустойчивой водоэмульсионкой, которая не содержит токсинов, представляющих угрозу для здоровья и жизни человека. В лаборатории есть 2 окна, через которое пропускается естественное освещение. А также используется искусственное освещение, в качестве двух ламп на потолке лаборатории.

В лаборатории ТПУ находится следующее оборудование: лазерный анализатор частиц SALD-7101 (Shimadzu, Япония), рабочий стол с компьютером; анализатор частиц Zetasizer Nano (Malvern, США); магнитная мешалка MR Hei-Tec (Heidolph Instruments GmbH & Co, Германия); 1 вытяжной шкаф; 2 шкафа для хранения лабораторной посуды; 1 шкаф для хранения химикатов; 2 рабочих стола; 1 раковина.

В ходе исследований была разработана метод ведения работ в лаборатории. Навески веществ и наночастиц брали на аналитических весах GR-202 (A&D Co Ltd., Japan, ± 0.0001 g). Значение pH контролировали с помощью pH-метра pH-150МИ (Измерительная техника, Россия). Для перемешивания и титрования растворов и суспензий применяли магнитную мешалку MR Hei-Tec (Heidolph Instruments GmbH & Co, Германия) с частотой 300 мм на циклы магнитного компонента в минуту. Все растворы и суспензии готовили и хранили при $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Измерения проводили с помощью анализатора частиц Zetasizer Nano (Malvern, США) при 25°C для получения распределения частиц по размерам.

5.2 Анализ выявленных вредных факторов

Вредностью являются факторы, негативно влияющие на здоровье и жизнь человека в процессе ведения какой-либо деятельности в условиях производства. При соблюдении норм безопасности при работе сотрудников в производстве или лаборатории происходит повышение эффективности труда, повышение выполнения показателей трудовой деятельности и увеличение прибыли [44].

Существует три вредных фактора производственного риска [45], которые могут привести к ухудшению состояния здоровья, увеличению заболеваемости, различным травмам и снижению работоспособности работников: биологические; физические; химические.

При выполнении эксперимента в лаборатории, в основном попадают в рабочую зону вредные примеси (нанопорошок TiO_2 и пары азотной кислот и каустика). Для контроля

вредных примесей, необходимо соблюдать предельно допустимые концентрации ПДК, описанные в ГОСТе 12.1.005-88 [46]. Данные по контролю ПДК попадающих вредных веществ в лаборатории описаны в таблице 5.1.

Оксид титана имеет большое применение в промышленности и поэтому создается масса лабораторий по производству данного типа нанопорошка. Каждый день при работе с нанопорошком операторы сталкиваются с прямым попаданием наночастиц в организм.

Наночастицы TiO_2 приводят к целому спектру ответов тканей в организме. Попадание наночастиц может привести к летальному исходу, генерации активных форм кислорода, а также к воспалительным процессам внутренних органов. Если частицы вдохнуть, при естественном процессе диффузии они могут попасть во все отделы дыхательной системы человека.

Таблица 5.1 – Предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны по ГОСТу 12.1.005-88 [46]

Название вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
TiO_2	10	A*	4	Ф*
Азотная кислота	2	A	3	-
Каустик	0,5	A	2	-
А-аэрозоль				
Ф-аэрозоли. преимущественно фиброгенного действия				

Как все мы знаем, чем меньше размер частиц (10 нм), тем легче попасть в потенциально чувствительные системы, такие как лимфатические узлы, сердце и костный мозг. В случае нарушения правил безопасности при использовании нанопорошков наночастицы попадут в желудочно-кишечный тракт. Наиболее распространенный тип приема наночастиц через кожу. В частности, необходимо тщательно закрыть поврежденные участки кожи и изгибы. В качестве средств индивидуальной защиты необходимо использовать одноразовые перчатки для защиты рук, которые следует заменять каждые 3 часа. Для защиты органов дыхания и других систем следует использовать RPDS общего назначения и защищенные от пыли. Фильтр может очищать вдыхаемый воздух от наночастиц и других вредных примесей. Концентрация этих примесей не превышает максимально допустимую концентрацию. (ПДК) ГОСТ Р 12.4.233-2012 [47] и ГОСТ 17269-71 [48].

Наночастицы, попадающие в воздух во время работы, склонны к агрегации. После агрегации наночастиц их размер увеличится, и они могут попасть на кожу, одежду и

оборудование. Чтобы наночастицы не попали на кожу и одежду, вы должны носить пижаму или одежду, специально предназначенную для лабораторного использования.

5.2.1 Микроклимат производственной среды

Микроклимат производственной среды включает влажность воздуха, оптимальную температуру и интенсивность теплового излучения. Все факторы микроклимата оказывают большое влияние на персонал, его здоровье и работоспособность. Поэтому, согласно ГОСТ 12.1.005-88 [46] (Таблица 2), необходимо соблюдать оптимальный и допустимый микроклимат студии. Работа лабораторного персонала классифицируется как легкая промышленность Ib.

Таблица 5.2 – Требования к микроклимату лаборатории согласно ГОСТу 12.1.005-88 [46].

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	22 - 24	40 - 60	0,1
Холодный	21 - 23	40 - 60	0,1

Помещение и его размеры (площадь, объем) должны сначала соответствовать количеству рабочих и оборудованию, находящемуся в нем.

Чтобы обеспечить нормальные условия труда, гигиенический стандарт SanPiN 2.2.1 / 2.1.1.1031-01 [49] предусматривает, что каждый рабочий должен занимать площадь пола 4,5 м² и объем воздуха 20 м³.

Помещение лаборатории имеет следующие параметры: длина помещения – 4 м; ширина – 3 м; высота – 3 м. Согласно этим параметрам площадь помещения составляет 12 м², а объем $V = 36$ м³. В лаборатории 2 сотрудника. Это означает, что у каждого есть рабочая площадь 6 м² и объем воздуха 18 м³. Познакомьтесь со стандартами здоровья.

5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов

Опасность механического повреждения. Риск получения травмы в случае контакта предметов или их частей с людьми. В этой лаборатории ни один объект не представляет механической опасности. Высокотемпературные объекты, кипящие жидкости могут вызвать тепловые опасности, приводящие к термическим ожогам. В этой лаборатории никакие объекты не представляют термическую опасность.

Электробезопасность - это система организационных и технических мер, которая означает защиту людей от вредного воздействия тока, дуг, электромагнитных полей и статического электричества.

Чаще всего встречаются электротравмы. Прикосновение к проводам, которые находятся под напряжением. Причинами данного типа травм являются: неисправность приборов и электропроводки; неосторожность, неопытность работника; присутствие детей в лаборатории, их неопытность и недисциплинированность; повреждение изоляции провода.

Открытая металлическая поверхность и токовая оболочка повреждены из-за изоляции. В каждом из электроустановок должно иметься средство защиты – заземление. Поэтому в лаборатории все электрические приборы с металлическими корпусами строго установлены на полу. Пол лаборатории покрыт непроводящим токомматериалом, а деревянный материал - ламинатом.

Пожаро-взрывобезопасность класса В2. Опасность взрыва считается металлическим нанопорошком. Поскольку они имеют очень большую удельную поверхность в нанометровом состоянии, это делает их взрывоопасными. Однако при производстве нанопорошков никеля поверхность частиц пассивируется (покрывается оксидной пленкой), что предотвращает самовозгорание порошка при контакте с воздухом.

Основными средствами пожаротушения являются огнетушители. Лаборатория оснащена 5-литровым ручным порошковым огнетушителем ОП. В лаборатории работники должны включить вентиляционное оборудование. Для обеспечения безопасности следует использовать газоанализатор для проверки помещения на наличие вредных смесей и газов в воздухе.

5.2.3 Анализ показателей шума

Источником шума на месте является в основном звук, вызванный производственной деятельностью экспериментального оборудования. Воздействие шума на людей зависит от воздействия на органы слухового аппарата.

Помимо негативного воздействия на органы слуха, шум также наносит вред другим органам и тканям организма. Особенно для разрушение центральной нервной системы. В течение долгого времени в шумной обстановке у людей будут неврологические нарушения слуха, сопровождающиеся раздражительностью, потерей памяти, апатией, плохим настроением, изменениями чувствительности кожи и другими заболеваниями, особенно медленным психическим ответом и нарушением сна.

ГОСТ 12.1.003-83 устанавливает уровень звукового давления и эквивалентные уровни звука на рабочем месте компаний-производителей в диапазоне частот 31,5-8000 зависит от тяжести и интенсивности труда уровень звука герц и эквивалентный уровень звука на рабочем месте производственное оборудование -80дБА. Непрерывный шум > 85дБА. Согласно нормативным документам СН 2.2.4 / 2.1.8.562-96 и ГОСТ 12.1.003-83, вызывая непрерывный

рост порога слуха, профессиональные заболевания (глухота, потеря слуха) для увеличения крови стресс, чтобы уменьшить скорость реакции и внимание.

Основной метод снижения шума:

- уменьшение источника шума;
- использование устройства для изоляции источника шума;
- носить противошумные наушники.

5.2.4 Анализ освещенности рабочей зоны

В лаборатории используется искусственное и естественное освещение. Поскольку работа в основном визуальная, естественного освещения недостаточно, особенно в темноте.

Правильно спроектированное и выполненное освещение может обеспечить высокий уровень производительности, оказать положительное психологическое воздействие на людей и помочь повысить производительность труда. Это следует учитывать при выборе типа ламп, требований к освещению, экономических показателей и условий окружающей среды.

В помещениях люминесцентные лампы типа ОД используются в качестве источников света для искусственного освещения. Лампы наружного освещения (двусторонние лампы с открытым цоколем) предназначены для помещений с хорошей отражающей способностью потолка и стен, а также допускают умеренную влажность и пыль. В соответствии с гигиеническими требованиями на рабочем месте следует использовать естественное и искусственное освещение. Лаборант продолжал работать на ПК и улучшил зрение. В соответствии со стандартом освещения отраслевым стандартом для внутреннего освещения при использовании с ПК, рекомендуется использовать от 300 люкс до 500 люкс для общего освещения.

Помещение имеет размеры: a – длина помещения – 3 м; b – ширина – 3 м; h – высота – 3 м.

Рекомендуемое комнатное освещение - $E = 300$ люкс со средней разницей на темном фоне.

$q_p = 70$, $q_c = 50$, $q_z = 10$, где q_p – коэффициент отражения светового потока от потолка; q_c - коэффициент отражения светового потока от стен.

$H = h - n_p - n_c = 3 - 0,9 - 0,1 = 2$ м где n_p - высота рабочей поверхности; n_c - расстояние светильников от перекрытия.

Для освещения используется светильник типа ОД мощностью 40 Вт, а оптимальное расположение светильника составляет $\lambda = 1,5$. Расчетная длина между двумя рядами светильников: $L = \lambda \cdot h = 1,5 \cdot 2 = 3$ м.

Число рядов светильников: $n = b/L = 3/3 = 1$, где b – ширина помещения.

Выбирал $n=1$ ряда светильников. Тогда индекс освещения:

$$i = \frac{s}{(A+B) \times n} = \frac{9}{(3 \times 3) \times 1} = 1.$$

Зная коэффициент отражения световых лучей в потолке, стенах и полах в лаборатории, вы можете определить коэффициент использования световых лучей:

$$\eta = \frac{q_{\text{п}} + q_{\text{с}} + q_{\text{з}}}{3} = \frac{70\% + 50\% + 10\%}{3} = 43,33\%.$$

Световой поток лампы ЛБ составляет $F_0=2480$ лм. Тогда световой поток светильника ОД, состоящего из двух ламп: $F=2 \cdot F_0=2 \cdot 2480=4960$ лм.

Определим необходимое число светильников в ряду:

$$N = \frac{E \times S \times Z \times K}{n \times F \times \eta \times \gamma} = \frac{300 \cdot 9 \cdot 1.15 \cdot 1.5}{2 \cdot 4960 \cdot 0.43 \cdot 1} = 1.09 \approx 1$$

где $Z=1,15$ -коэффициент неравномерности освещения; $K=1,5$ – коэффициент запаса; $\gamma=1$ – коэффициент затемнения.

При длине светильника $l_{\text{св}}=0,933$ м, их общая длина составляет:

$$l_{\text{общ}} = N \cdot l_{\text{св}} = 1 \cdot 0.933 = 0.933 \text{ м}$$

Расстояние между светильниками:

$$l = \frac{A - l_{\text{общ}}}{N + 1} = \frac{3 - 0.933}{1 + 1} = 1.0335 \text{ м}$$

Поэтому, в лаборатории необходимо установить три светильника в один ряд (рис. 5.1)

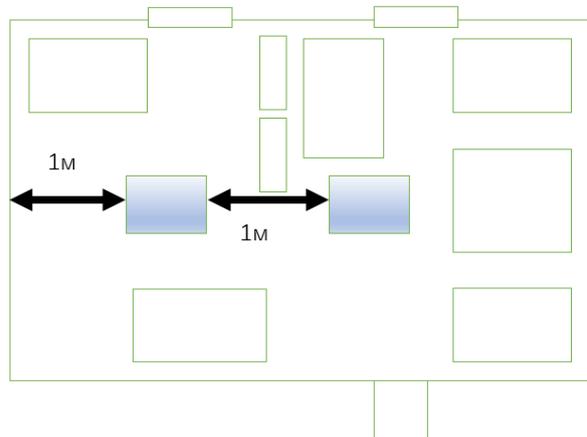


Рисунок 5.1. План размещения светильников

5.3 Охрана окружающей среды

Лаборатория находится на территории Томского политехнического университета корпуса номер 15. На расстоянии 300 м от корпуса, в котором находится лаборатория, расположен корпус ТПУ номер 10 и на расстоянии 500 метров размещены ближайшие жилые дома.

При попадании наночастиц в воздух они образуют стабильные золи, поэтому во избежание этого необходимо устанавливать специальные фильтры для очистки воздуха по ГОСТу Р51251-99 [50]. Используйте грубые фильтры (5-10 мкм) и фильтры тонкой очистки (0,3-5 мкм).

Двери с высокой степенью герметизации были установлены в лаборатории для предотвращения попадания наночастиц в лабораторию. Рабочая одежда размещается в специально отведенных шкафах.

Используемые в лаборатории реагенты и нано-порошки не превышали максимально допустимую концентрацию в воздухе.

После эксперимента отходы образовались и должны быть выброшены в специально отведенные контейнеры или мешки. Когда наночастицы попадают в канализацию, они могут оказывать вредное воздействие на микроорганизмы (крупные блохи), пресноводных организмов и млекопитающих, которые являются важной частью жизненной цепи. В Европе и США были проведены исследования для изучения влияния наночастиц TiO_2 на поверхностные воды в концентрации 0,275 мл / л. Автор этой работы собрал данные об экотоксичности из 44 научных публикаций и определил концентрацию TiO_2 , которая отрицательно влияет на живые организмы, но для живых организмов средняя смертельная концентрация TiO_2 является нестабильной, и в большинстве случаев летальная концентрация ниже заданного значения [51].

После приема внутрь наночастицы имеют более длительный период разложения и удаления. Прием внутрь или удаление наночастиц может длиться десятилетиями. Многие металлические частицы вступают в реакцию с микроэлементами в почве и образуют вредные для организма вещества. [52].

Наблюдается замедленный рост растений [53].

Для контроля попадания предельно допустимых концентраций наночастиц в литосферу, существует нормативный документ ГН 2.1.7.2014-06 [54].

5.3.1 Защита в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация, это сочетание опасных событий или событий, которые угрожают безопасности.

1) Внешние технические продукты, вода, стихийные бедствия, данные о сбое питания и т. д.;

2) внутренняя техническая сложность, недостаточная квалификация персонала, структурные дефекты, физический и моральный износ оборудования, снижение трудовой и технической дисциплины и т. д.

Наиболее вероятная техническая авария в лаборатории - пожар

В лаборатории наиболее вероятно возникновение технической аварийной ситуации (ЧС). Если в лаборатории возникает чрезвычайная ситуация, необходимо принять следующие меры:

- 1) Необходимо использовать защитные средства для эвакуации персонала приюта;
- 2) обеспечить людей средствами индивидуальной защиты;
- 3) Организовать медицинскую помощь пострадавшим.

5.3.2 Анализ электробезопасности

Наибольшую опасность при эксплуатации электрооборудования, а также при проведении ремонтных и профилактических работ представляет электрический удар, вызванный токоведущими частями и соединениями с токоведущими частями оборудования.

В соответствии с условиями поражения электрическим током, опасность поражения электрическим током отсутствует. Лаборатория относится к категории повышенной опасности.

Причина поражения электрическим током должна быть устранена.

Меры, принятые для устранения факторов поражения электрическим током:

а) Под руководством всего персонала, который начинает использовать электрооборудование на рабочем месте, они могут работать самостоятельно только после проверки знаний техники безопасности;

б) постоянно контролировать качество и ремонтпригодность защитных устройств и заземления, и использовать только защитные устройства для ремонта и регулировки существующих электрических устройств;

в) Эксплуатация электроустановок включает в себя введение необходимых технических документов, гарантирующих невозможность прикосновения к токоведущим частям, а также заземление оборудования и электрооборудования.

5.3.3 Анализ пожарной безопасности

Лаборатория, занимающаяся этой работой, относится к категории пожароопасности категории В2. Для тушения пожара лаборатория должна принять следующие меры: - огнетушители жидкие ОХП-10, ОВП-10, рабочее расстояние 6-8 м; - использовать песок для обесточивания горящих проводов на горизонтальной поверхности; - щит из асбеста используется для тушения пожара. Жидкость, проволока, горящая одежда. При тушении напряжением существует риск поражения электрическим током, поэтому в зданиях, где должен быть потушен пожар, необходимо отключить питание.

При работе в лаборатории не производится обработка (включая транспортировку и хранение) веществ, которые образуют взрывоопасную атмосферу. Соблюдая все меры

предосторожности, можно избежать несчастных случаев и травм. Для предотвращения пожара или взрыва необходимо: -уменьшить вероятность возникновения искр и чрезмерного перегрева, вызванного легковоспламеняющимися веществами, -произвести постоянный и эффективный воздухообмен (режим вентиляции). Обучение технике безопасности является одним из средств обеспечения безопасности труда. Брифинг включает в себя обучение работников технике безопасности и методам работы. План побега показан на рисунке. 5.2.

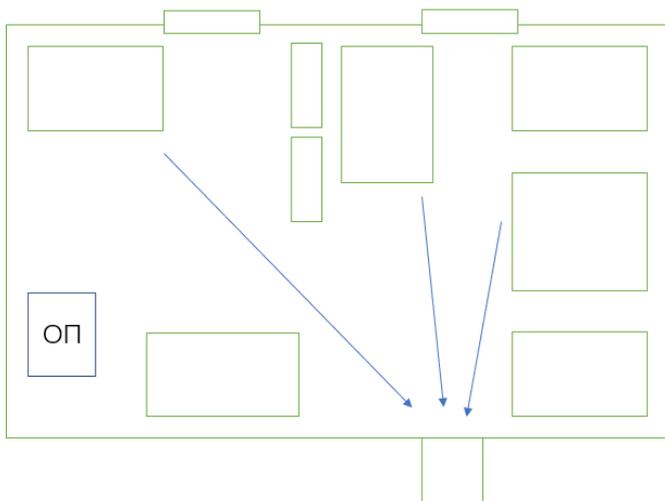


Рисунок 5.2. – план эвакуации из химической лаборатории (УЖФ): ОП – огнетушитель переносной;

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Промышленные нанопорошки все чаще используются в различных отраслях промышленности. Поэтому для обеспечения безопасности при использовании наноматериалов во всем мире быстро внедряются нормативные рамки.

По постановлению от 23.07.2007 № 54 «О надзоре за продукцией, полученной с использованием нанотехнологий и содержащей наноматериалы», где использование наноматериалов носит негативное воздействие на организм человека и окружающую среду.

В настоящее время на основе исследований, производства и утилизации наноматериалов в Российской Федерации создается большое количество нормативных проектов. Были сформированы мероприятия по оценке токсикологии и гигиенической безопасности наноматериалов [55]. Был определен состав наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека: [56]. Была также разработана биомедицинская оценка безопасности наноматериалов и разработаны процедуры отбора проб для выявления, идентификации и характеристики воздействия наноматериалов на организмы [57].

5.5 Выводы по разделу

После проведения научной деятельности мы должны обращать внимание на вредные факторы, такие как шум, вредные вещества и огонь, которые могут угрожать физическому и психическому здоровью людей, загрязнять окружающую среду и даже вызывать серьезные потери имущества. Мы должны быть полностью готовы предотвратить следующее:

1. Для микроклимата мы должны контролировать влажность, температуру и скорость воздуха в помещении.

2. Для шума, мы должны заранее подготовить звукоизоляционные инструменты.

3. В случае недостаточного освещения необходимо подготовить достаточное количество света для соответствия стандартной яркости.

4. При возникновении пожара противопожарное оборудование должно быть подготовлено без эвакуационных препятствий, а персонал должен регулярно обучаться навыкам пожарной безопасности.

5. В целях экологической безопасности с вредными веществами следует обращаться надлежащим образом, чтобы предотвратить загрязнение и сэкономить энергию.

6. СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Нана В. Влияние pH и кислотности аминокислот на агрегацию наночастиц TiO_2 в водных суспензиях // Труды XI Всероссийской научно-практической конференции "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", 22-24 апреля 2021 г., г.Томск: Изд-во ТПУ, 2021. - В печати

7. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Faure B., Salazar-Alvarez G., Ahniyaz A., VillaluengI., Berriozabal G., De Miguel Y.R., Bergstrom L. Dispersion and surface functionalization of oxide nanoparticles for transparent photocatalytic and UV-protecting coatings and sunscreens // *Sci. Technol. Adv. Mater.* –2013. – Vol.14. – P.1-23.
2. Chowdhury I.H., Ghosh S., Naskar M.K. Aqueous-based synthesis of mesoporous TiO₂ and Ag-TiO₂ nanopowders for efficient photodegradation of methylene blue // *Ceramics International.* – 2016. – Vol.42. – P.2488-2496.
3. Sanzone G., Zimbone M., Cacciato G., Runo F., Carles R., Privitera V., Grimaldia M.G. Ag/TiO₂ nanocomposite for visible light-driven photocatalysis // *Superlattices and Microstructures.* – 2018. – Vol.123. – P.394-402.
4. Nemiwal M., Kumar D. TiO₂ and SiO₂ encapsulated metal nanoparticles: Synthetic strategies, properties, and photocatalytic applications // *Inorganic Chemistry Communications.* – 2021. – Vol.128. – P. 1387-7003
5. Vaiyapuri S.P., Jegan A., Ahmed M.A.H., Fahad A.J., Mohamed H. M., Ali A. Identification of titanium dioxide nanoparticles in food products: Induce intracellular oxidative stress mediated by TNF and CYP1A genes in human lung fibroblast cells // *Environmental Toxicology and Pharmacology.* – 2015. – Vol.39. – P.176-186
6. Kiser M., Westerhoff P., Benn T., Wang Y., Perez-Rivera J., Hristovski K. Titanium nanomaterial removal and release from wastewater treatment plants // *Environmental Science and Technology.* – 2009. – Vol.43. – P.6757-6763.
7. Keller A.A., McFerran S., Lazareva A., Suh S. Global life cycle releases of engineered nanomaterials // *Journal of Nanoparticle Research.* – 2013. – Vol. 15. – P.1-17.
8. Therezien M., Thill A., Wiesner M.R. Importance of heterogeneous aggregation for NP fate in natural and engineered systems // *Science of The Total Environment.* – 2014. – Vol.485-486. – P.309-318.
9. Baker T.J., Tyler C.R., Galloway T.S. Impacts of metal and metal oxide nanoparticles on marine organisms // *Environmental Pollution.* – 2014. – Vol.186. – P.257-271.
10. Therezien M., Thill A., Wiesner M.R. Importance of heterogeneous aggregation for nanoparticles fate in natural and engineered systems // *Science of The Total Environment.* – 2014. – Vol. 485–486. – P.309-318.

11. Farre M., Gajda-Schranz K., Kantiani L., Barcelo D. Ecotoxicity and analysis of nanomaterials in the aquatic environment // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. – 2009. – Vol.393. – P.81-95.
12. Агафонова Г. В. Наноматериалы и нанотехнологии, 2019, с 96
13. Senic Z., Bauk S., Todorovic M. V., Pajic N., Samolov A., Rajic D. Application of TiO₂ Nanoparticles for obtaining self-decontaminating smart textiles // *Scientific Technical Review*. – 2011. – Vol.61. – P.63-72.
14. Annachiara B., Filippo P. TiO₂ in the food industry and cosmetics // *Titanium Dioxide (TiO₂) and Its Applications*. – 2021. – P.351-373.
15. Chong M.N., Jin B., Chow C.W.K., Saint C. Recent developments in photocatalytic water treatment technology: a review // *Water Res*. – 2010. – Vol.44. – P.2997–3027.
16. Maness P.C., Smolinski S., Blake D.M., Huang Z., Wolfrum E.J., Jacoby W.A. Bactericidal activity of photocatalytic TiO₂ reaction: toward an understanding of its killing mechanism // *Appl. Environ. Microbiol*. – 1999. – Vol.65. – P.4094–4098.
17. Cai R., Hashimoto K., Itoh K., Kubota Y., Fujishima A. Photokilling of malignant cells with ultrafine TiO₂ powder // *Bull. Chem. Soc. Jpn*. – 1991. – Vol.64. – P.1268–1273.
18. Tzu-Ying L., Wen-Chien L. Killing of cancer cell line by photoexcitation of folic acid-modified titanium dioxide nanoparticles // *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. – 2009. – Vol.204. – P.148-153.
19. Vaiyapuri S.P., Jegan A., Ahmed M.A.H., Fahad A.J., Mohamed H.M., Ali A. Identification of titanium dioxide nanoparticles in food products: Induce intracellular oxidative stress mediated by TNF and CYP1A genes in human lung fibroblast cells // *Environmental Toxicology and Pharmacology*. – 2015. – Vol.39. – P.176-186.
20. Mahesh V., Rashmi W., Mohammad K., Priyanka J., Nabisab M.M., Hitesh P. Synthesis of Hybrid Graphene/TiO₂ Nanoparticles Based High-Temperature Quinary Salt Mixture for Energy Storage Application // *Journal of Energy Storage*. – 2020. – Vol.31 – P. 2352-152X.
21. Некрасов В.М. Исследование биоспецифической агрегации микро- и наночастиц с помощью светорассеяния. Дисс...к.ф.-м.н., 2013, с 19
22. Qi N., Wang P., Wang C, Ao Y. Effect of a typical antibiotic (tetracycline) on the aggregation of TiO₂ // *Journal of Hazardous Materials*. – 2018. – Vol.341. – P.187-197.

23. Huber R, Stol S. Protein affinity for TiO₂ and CeO₂ manufactured nanoparticles. From ultra-pure water to biological media // *Colloids and Surfaces A*. – 2018. - Vol.553. - P. 425–431.
24. Fan M, Wang Y, Xue N, Zhao Y, Wang Z, Wang M, Zhao Y, Gao B. Coagulation of TiO₂ nanoparticles-natural organic matter composite contaminants in various aquatic media: Fluorescence characteristics, flocs properties and membrane fouling abilities. // *Separation and Purification Technology*. – 2018. – Vol.205. – P.113–120.
25. Irem B.U., Natalia I.G., Vicki H.G. pH-dependent adsorption of α -amino acids, lysine, glutamic acid, serine and glycine, on TiO₂ nanoparticle surfaces // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2019. – Vol.554. – P.362–375.
26. Lin D, Story S.D., Sharon L.W., Huang Q, Cai P. Influence of extracellular polymeric substances on the aggregation kinetics of TiO₂ nanoparticles // *Water Research*. – 2016. – Vol.104. – P.381-388.
27. Luo M, Huang Y, Zhu M, Tang Y, Ren T, Ren J, Wang H, Li F. Properties of different natural organic matter influence the adsorption and aggregation behavior of TiO₂ nanoparticles. // *Journal of Saudi Chemical Society*. – 2018. – Vol.22. – P.146–154.
28. Lin D, Story S.D., Sharon L.W., Huang Q, Cai P. Role of pH and ionic strength in the aggregation of TiO₂ nanoparticles in the presence of extracellular polymeric substances from *Bacillus subtilis* // *Environmental Pollution*. – 2017. – Vol.228. – P.35-42.
29. Mallakpoura S, Nikkhoa E. Surface modification of nano-TiO₂ with trimellitylimido-amino acid-based diacids for preventing aggregation of nanoparticles. // *Advanced Powder Technology*. – 2014. – Vol.25. – P.348–353.
30. Paul S.R., Kiril A. S., Andrew G., Wayne H., Xujun Z. Chapter 12 - Characterization of polymers by dynamic light scattering // *Molecular Characterization of Polymers*. –2021. –P. 441-498.
31. Андреева О.В., Андреева Н.В., Дроздов А.А., Кузьмина Т.Б., Исмагилов А.О., Чигрин Р.Н., Экспериментальный практикум по оценке распределения частиц по размерам в наносuspensions и нанoэмульсиях, СПб: Университет ИТМО. – 2016. – 30 с.
32. Годымчук А.Ю., Сенатова С.И. Определение агрегационной устойчивости промышленных наночастиц в физиологических жидкостях. Методические указания к выполнению лабораторных работ для слушателей программы повышения квалификации. – М: Изд-во «МИСиС». – 2013. – 26 с.

33. Wei W., Chun L., Jian L., ChengZhi H. Mercuric ions induced aggregation of gold nanoparticles as investigated by localized surface plasmon resonance light scattering and dynamic light scattering techniques. // *Sci. China Chem.* –2013. – Vol.56. – P806-812.
34. Shukla, A., Kiselev, M.A., Hoell, A., Neubert R. H. H., Characterization of nanoparticles of lidocaine in w/o micro emulsions using small-angle neutron scattering and dynamic light scattering // *Pramana.* –2004. – Vol.63. – P.291-295.
35. Сайт Nanostructured and Amorphous Materials Inc. Электронный ресурс: <https://www.nanoamor.com/inc/sdetail/45712>.
36. Properties of Common Amino Acids by Sigma Aldrich. Электронный ресурс: <https://www.sigmaaldrich.com/life-science/metabolomics/learning-center/amino-acid-reference-chart.html#prop>
37. Markus S., Tiina-Mari P., Pirjo S. Aggregation and deposition of engineered TiO₂ nanoparticles in natural fresh and brackish waters // *Journal of Physics: Conference Series.* – 2010. – Vol.304. – P.012-018.
38. Jayalath S., Wu H., Larsen S.C., Grassian V.H. Surface adsorption of Suwannee river humic acid on TiO₂ nanoparticles: A study of pH and particle size // *Langmuir.* – 2008. – Vol.34 (9). – P.3136-3145
39. Loosli F., Le Coustumer P., Stoll S. TiO₂ nanoparticles aggregation and disaggregation in presence of alginate and Suwannee River humic acids. pH and concentration effects on nanoparticle stability // *Water research.* – 2013. – Vol.47. – P.6052-6063
40. Ustunol I.B., Gonzalez-Pech N.I., Grassian V.H. pH-dependent adsorption of α -amino acids, lysine, glutamic acid, serine and glycine, on TiO₂ nanoparticle surfaces // *Journal of Colloid and Interface Science.* – 2019. – Vol.554. – P.362-33.
41. Godymchuk A., Papina I., Karepina E., Kuznetsov D., Lapin I., Svetlichnyi V. Agglomeration of iron oxide nanoparticles: pH effect is stronger than amino acid acidity // *Journal of Nanoparticles Research.* – 2019. – Vol.21. – P.208.
42. Liua J., Dai C., Hu Y. Aqueous aggregation behavior of citric acid coated magnetite nanoparticles: Effects of pH, cations, anions, and humic acid // *Environmental Research.* – 2018. – Vol.161. – P.49–60
43. Molina R., Al-Salama Y., Jurkschat K., Dobson P.J., Thompson I.P. Potential environmental influence of amino acids on the behavior of ZnO nanoparticles // *Chemosphere.* – 2011. – Vol.83. – P.545-5510

44. Агошков А. И., Трегубенко А. Ю., Вершкова Т. И. Медико- биологические основы безопасности жизнедеятельности: учебное пособие // Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ). – Москва. – 2015. – 157 с.
45. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М: ИПК Издательство стандартов. – 2004. – 2 с.
46. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартиформ. – 2008. – 48 с.
47. ГОСТ Р 12.4.233-2012. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Термины, определения и обозначения. – М.: Стандартиформ. – 2014. – 15 с.
48. ГОСТ 17269-71. Респираторы, фильтрующие газопылезащитные РУ- 60м и РУ-60му. Технические условия. – М.: Стандартиформ. – 2005. – 11с.
49. Сан П. 2.2.1/2.1.1.1031-01. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. – 2001. – 10.
50. ГОСТ Р 51251-99. Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка. – М.: ИПК Издательство стандартов, – 2002. – 6 с.
51. Haulik B., Balla S., Pálfi O., Szekeres I., Juríková T., Sály P., Bakonyi G.
52. Comparative ecotoxicity of the nano Ag, TiO₂ AND ZnO TO aquatic species assemblages // Applied Ecology and Environmental Research. – 2014. – 13(2). – 325- 338.
53. Анциферова И. В. Источники поступления наночастиц и их влияние на окружающую среду и человека // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 7. – С. 5-10.
54. Ruffini C. M., Giorgetti L. The effects of nano-TiO₂ on seed germination, development and mitosis of root tip cells of *Vicia narbonensis* L. and *Zea mays* L // Journal of Nanoparticle Research. – 2010. – 10. – P. 24-30.
55. ГОСТ 12.4.009-83. ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2001. – 4 с.
56. МУ 1.2.2520-09. Токсиколого-гигиеническая оценка безопасности наноматериалов. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. – 2009. – 35 с.

57. МР 1.2.2522-09. Методические рекомендации по выявлению наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека. – М.: Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – 2009. – 4 с.