

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 Отделение материаловедения
 Отделение школы (НОЦ) Материаловедение и технологии материалов

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Седиментационные и дисперсионные свойства водных суспензий наночастиц оксида цинка

УДК 66-911.48-02:661.84:547.46

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ72	Сюй Цзэлинь		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Рагозин Д.В.	к.и.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Исаева Е.С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2019 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 22.04.01

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

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) Отделение материаловедения
 Отделение школы (НОЦ) Материаловедение и технологии материалов

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ72	Сюй Цзэлинь

Тема работы:

Седиментационные и дисперсионные свойства водных суспензий наночастиц оксида цинка	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 553250 от 24.05.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Источники литературы: базы данных www.sciencedirect.com, www.elibrary.ru, www.scopus.com, www.elsevier.com. 2) Оборудование и лабораторный инвентарь НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии» отделения материаловедения Томского политехнического университета. 3) Объекты исследования: нанопорошки оксида цинка (производитель Plasmachem, Германия). 4) Требования к продукту: экспериментальные условия для приготовления водных суспензий промышленных наночастиц ZnO с контролируруемыми дисперсионными и седиментационными свойствами в водных растворах ПАВ и электролитов.
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. провести обзор учебной и научной литературы по классификации, применению, получению и свойствам наночастиц ZnO в водных суспензиях; 2. определить морфологию наночастиц ZnO методами сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии; 3. определить влияние условий пробоподготовки (длительности ультразвуковой обработки, способа смешивания компонентов, природы и концентрации ПАВ, состава и концентрации электролита) на седиментационные и дисперсионные свойства наночастиц ZnO разного размера с помощью методов спектрофотометрии и лазерной дифракции.
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Микрофотографии нанопорошков, кривые распределения частиц по размерам, графики изменения седиментационных и дисперсионных свойств наночастиц в водных суспензиях, приготовленных при разной длительности ультразвуковой обработки, способа смешивания компонентов, природы и концентрации ПАВ, состава и концентрации электролита.</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоемкость	Рагозин Д.В.
5. Социальная ответственность	Исаева Е.С.
Приложение А (английская часть)	Квашнина О.С

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Разделы на русском языке: Литературный обзор, экспериментальная часть, результаты и их обсуждение, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность

Разделы на иностранном языке: Application and Influencing Factors of Nanoparticles

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ72	Сюй Цзэлинь		

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

Школа Новых Производственных Технологий

Направление подготовки (специальность) Материаловедение и технологии материалов

Уровень образования магистр

Отделение школы (НОЦ) материаловедения

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.01.2019	1. Литературный обзор	20
30.02.2019	2. Экспериментальная часть	20
30.04.2019	3. Обсуждение результатов и оформление работы	30
01.03.2019	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоемкость	10
17.04.2019	5. Социальная ответственность	10
21.05.2019	6. Обязательное приложение на иностранном языке	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа изложена на 98 страницах, включая 29 рисунков, 20 таблиц, 68 источника.

Ключевые слова наночастицы ZnO, поверхностно-активные вещества, ультразвуковая обработка, глицин, агрегация наночастиц, седиментация наночастиц, светопропускания, растворы электролитов.

Объектом исследования являются наночастицы ZnO-14нм и ZnO-25нм.

Целью выпускной квалификационной работы являлся подбор экспериментальных условий для приготовления водных суспензий промышленных наночастиц ZnO с контролируемыми дисперсионными и седиментационными свойствами в водных растворах ПАВ и электролитов.

С помощью методов просвечивающей электронной микроскопии, лазерной дифракции и спектрофотометрии показано влияние условий пробоподготовки (длительности ультразвуковой обработки, способа смешивания компонентов, природы и концентрации ПАВ и электролитов) на седиментационные и дисперсионные свойства наночастиц ZnO со средним размером 14 и 25 нм.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики. Разработаны условия приготовления водных суспензий промышленных наночастиц ZnO с средним размером частиц/агрегатов 14/145 и 25/173 нм в водных суспензиях на основе 5 мМ раствора Na⁺ и 1 М раствора аминокислоты с предварительной ультразвуковой обработкой, обладающие повышенной седиментационной устойчивостью, при которой коэффициент светопропускания изменяется не более чем на 4 % при 430 нм в течение 30 минут.

Степень внедрения: разработана методика приготовления водных суспензий промышленных наночастиц ZnO с контролируемыми дисперсионными и седиментационными свойствами в водных растворах ПАВ и электролитов. Разработаны методические рекомендации для выполнения лабораторной работы «Седиментация наночастиц в растворах электролитов»

магистрантами направления 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов».

Область применения: суспензии наночастиц ZnO могут быть использованы в качестве добавок в различные составы для улучшения радиационной стойкости, приготовления неосаждающихся белил и красок, бактерицидных составов и покрытий.

Экономическая эффективность/значимость работы. Применение суспензий наночастиц ZnO позволит существенно увеличить срок службы современной техники. В будущем планируется применить предлагаемую методику подготовки наночастиц ZnO при получении реальных нано-изделий, а именно радиационно-защитных и адсорбционных материалов.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ПАВ – поверхностно-активное вещество

УЗ – ультразвуковой

НЧ – наночастицы

ПЭМ – просвечивающая электронная микроскопия

Gly – аминокислота, глицин

Gluc – глюкоза

PEG – полиэтиленгликоль 1500

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	11
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	12
1.1. Нанопорошки	12
1.1.1. Определение и классификация	12
1.1.2. Синтез наночастиц	14
1.1.3. Применение нанопорошков	15
1.2. Дисперсные системы	16
1.2.1. Определение и классификация дисперсных систем	16
1.2.2. Основные свойства дисперсных систем	17
1.2.3. Строение мицеллы в золе. Теория ДЭС.	19
1.3. Агрегация наночастиц в разных условиях	20
1.3.1. Влияние ультразвуковой обработки на агрегацию наночастиц	20
1.3.2. Влияние электролитов на агрегацию наночастиц	21
1.3.4. Влияние ПАВ на агрегацию наночастиц	22
1.4. Постановка задач исследования	23
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	25
2.1. Нанопорошки и ПАВы	25
2.2. Приготовление сток-суспензии	25
2.2. Методики исследования	26
2.2.1. Определение морфологии наночастиц	26
2.2.2. Определение седиментационной устойчивости суспензий	27
2.2.3. Изучение дисперсионных свойств суспензий	27
3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	29
4. ВЫВОДЫ	42
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	45
5.1 Организация и планирование работ	46
5.1.1. Структура работ в рамках научного исследования	46

5.2.2. <i>Определение трудоемкости выполнения работ</i>	47
5.3. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	53
5.3.1. <i>Сырье, материалы, покупные изделия</i>	53
5.3.2 <i>Основная заработная плата</i>	54
5.3.3 <i>расчет затрат на социальный налог</i>	55
5.3.4. <i>Расчет затрат на электроэнергию</i>	56
5.3.5 <i>Расчет амортизационных расходов</i>	56
5.3.6 <i>Затраты на водоснабжение</i>	58
5.3.7. <i>Расчет общей себестоимости разработки</i>	58
5.4 Оценка экономической эффективности проекта	59
5.4.1 <i>Определение срока окупаемости инвестиций</i>	59
СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	64
<i>Анализ выявленных опасных факторов</i>	75
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА	82
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	83
ПРИЛОЖЕНИЕ (А)	91

ВВЕДЕНИЕ

Наночастицы оксида цинка имеют широкие перспективы применения в фотокатализе, медицине, лакокрасочной и электронной промышленности [1,2]. Большой спрос на наночастицы, рост их производства нанопорошков ZnO, необходимость их дисперсионного анализа привели, в том числе, к необходимости разработки водных дисперсий наночастиц с контролируруемыми седиментационными и дисперсионными свойствами. Литературный обзор показал, что агрегация наночастиц зависят от способа перемешивания, pH среды, концентрации и размера наночастиц, а также ПАВ [3] и электролитов [4,5]. Не смотря на имеющиеся данные в учебной и научной периодической литературе, их до сих пор недостаточно для прогнозирования свойств частиц в суспензиях.

Целью выпускной квалификационной работы являлась разработка способа приготовления водных суспензий промышленных наночастиц ZnO с контролируемыми дисперсионными и седиментационными свойствами в водных растворах ПАВ и электролитов.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Нанопорошки

1.1.1. Определение и классификация

Нанопорошком называют совокупность находящихся в соприкосновении индивидуальных твердых тел (наночастиц или их агрегатов) с размерами от 1 до 100 нм во всех трех измерениях [6]. Согласно международной терминологии [7] «нанопорошком» считают порошки, включающие частицы, из которых не менее 50% имеют размеры от 1 до 100 нм. Наночастицы относятся к частицам, размеры которых в одном измерении менее 100 нм.

Наночастицы по составу можно разделить на три типа: органические (углеродные наночастицы, полимерные наночастицы и органические композитные наночастицы), неорганические (наночастицы металла и неорганические композитные наночастицы) и гибридные наночастицы (органические вещества в оболочке с неорганическими веществами и неорганические вещества в оболочке с органическими веществами) [8]. Органические наночастицы включают углеродные [9], полимерные [10]. Примерами композитов могут быть композиты, легированные углеродными нанотрубками или графеновыми нанолитами [11].

Наноматериалы классифицируют по размерности на четыре типа [12] (табл.1.1).

Наночастицы получают из жидкой, газовой и твердой фазы. Рассмотрим несколько распространенных методов синтеза наночастиц оксида цинка.

Золь-гель метод использует неорганическое вещество или алкоголяты металла в качестве предшественника, и эти вещества равномерно смешиваются в жидкой фазе и подвергаются химической реакции гидролиза и конденсации с образованием стабильного коллоида в растворе, и коллоид медленно полимеризуется в гель. Наконец, его сушат и спекают для получения молекулярного или наноструктурированного материала [13,14,15] Таким способом готовят наночастицы NiO со средним диаметром частиц 32,9 нм [16]

SiO₂ (100...500 нм) [17], ZnO (20...30 нм) [18] . Данный способ позволяет получать наночастицы с высокой степенью химической чистоты и узким распределением частиц по размерам.

Таблица 1.1. Классификация наноматериалов по размерности

Размерность	Размерная характеристика	Примеры материалов
Нульмерные материалы 0D	Точки, не имеющие размера	Точки
Одномерные материалы 1D	Два характеристических размера (толщина стенок и диаметр) < 100 нм.	Нановолокна
Двумерные материалы 2D	Один характеристический размер (толщина пленки) < 100 нм	Нанопленки, нанопокрyтия
Трехмерные материалы 3D	три характеристических размера < 100 нм	Нанопорошки, наночастицы

По структуре наноматериалы делят на слоистые, волокнистая и равноосная. А каждый соответствующий класс имеет четыре различных состав (рис.1.1).

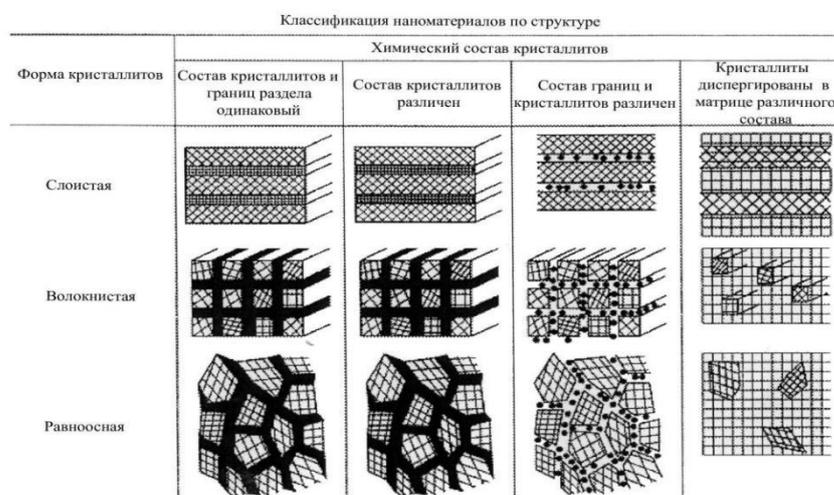


Рисунок 1.1. Классификация наноматериалов по структуре [19].

1.1.2. Синтез наночастиц

Метод соосаждения и золь-гель метод в основном одинаковы на стадиях производства, но продукт после сушки раствора представляет собой не коллоид, а твердый порошок [20]. Таким способом были получены ZnO (26,9...40,6 нм) [21] и ZnO/ZnGaNO (520 нм) [22]. Несмотря на простоту способа, при соосаждении трудно сдерживать агломерацию частиц.

В методе распылительной сушки раствор соли металла распыляется в высокотемпературную атмосферу в виде аэрозоля, и в это время происходит испарение растворителя и термическое разложение соли металла, а затем твердая фаза (наночастицы) осаждается перенасыщением [23]. К преимуществам распылительной сушки относят равномерное распределение наночастиц, простота и экспрессность, незначительные потери компонентов, пригодность для приготовления многокомпонентного композитного порошка, невысокая степень агломерации, высокая чистота, развитая поверхность частиц, продукта [24]. Таким способом были получены ZnO (25 нм) [25].

Гидротермальный метод представляет собой метод приготовления материала в герметичном сосуде под давлением с использованием воды в качестве растворителя и порошка, который необходимо растворить и перекристаллизовать. В работе использовали гидротермальный метод для получения наночастиц TiO₂, легированных Ag [26] и ZnO (105 нм) [27]. Результаты показывают, что гидротермальный метод может эффективно улучшить кристалличность и чистоту нанопорошка. Приготовление керамического порошка гидротермальным способом требует высокотемпературной обработки прокаливанием, которая позволяет избежать роста зерна, образования дефектов и введения примесей во время прокаливания, так что полученный порошок обладает высокой активностью спекания.

Плазмохимический синтез. В инертном защитном газе определенного давления прямой нагрев приводит к тому, что металл плавится в пар, а затем сталкивается с окружающими атомами инертного газа, обменом энергии и перезарядкой. Окончательное охлаждение образует наночастицы. Авторы [28]

использовали этот метод для приготовления частиц золота, имеющих размер частиц 30 нм, и продукт рентгеноструктурного анализа не содержал примесей.

1.1.3. Применение нанопорошков

В последние годы наночастицы ZnO вызывают все больший интерес исследователей и промышленников благодаря широкому спектру свойств, присущих этому материалу. ZnO обладает высокой оптической прозрачностью, проявляет пьезоэлектрические и пироэлектрические свойства, является широкозонным полупроводником, показывает ферромагнитные свойства при комнатной температуре, магнито- оптическим и химико-сенсорным эффектами [29].

Наночастицы оксида цинка нашли применение в косметической и лакокрасочной промышленности [30]. Кроме того, они применяются в производстве резины, сигаретных фильтров, входят в состав кремов для лечения кожных заболеваний, применяются в качестве добавки при производстве бетона [31], в производстве газовых сенсоров, химических сенсоров, био-датчиков, оптических и электрических устройств [32,33], материалов для дисплеев, солнечных батарей [34], и для доставки лекарственных препаратов [35,36].

Оксид цинка в нано- и микроразмерном состоянии проявляет антибактериальные свойства, но при этом обладает высокой биологической совместимостью [37]. Результаты исследований [38] показывают, что наноразмерный ZnO обладает большей антибактериальной активностью, чем ультрадисперсный. На сегодняшний день механизмы антибактериального действия ZnO еще изучаются, но результаты исследований [39,40] позволяют предположить использование наночастиц оксида цинка в борьбе с раковыми клетками.

Благодаря большой поверхности и высокой фотокаталитической активности наночастицы ZnO используют в качестве катализаторов [41].

Небольшие размерные эффекты наночастиц позволяет наноматериалам обладать оптическими свойствами [42].

Наночастицы оксида цинка (ZnO) обладают сильной адсорбцией и могут использоваться в покрытиях для уменьшения количества используемой краски и продления срока службы покрытий [43]. Согласно исследованиям [44] наночастицы ZnO избирательно повреждают опухолевые клетки, в то время как человеческие фибробласты не выдерживают длительного повреждения. Также варисторы ZnO являются типичным видом полупроводниковой керамики [45].

1.2. Дисперсные системы

1.2.1. Определение и классификация дисперсных систем

Дисперсионная система представляет собой систему, в которой одно или несколько веществ в одном агрегатном состоянии (дисперсная фаза) диспергированы в веществе другого агрегатного состояния, находящегося в избытке (дисперсионная среда) .

Традиционно дисперсные системы классифицируют по степени дисперсности как высокодисперсные (коллоидные системы, размер частиц 1...100 нм), среднедисперсные (1 нм...10 мкм) и грубодисперсные (размер частиц > 10 мкм). По агрегатному состоянию фаз различают девять дисперсных систем (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Классификация дисперсных систем с разными агрегатным состоянием компонентов

Дисперсная фаза	Дисперсионная среда	Примеры
Газ	Газ	Воздух
Газ	Жидкость	Пена
Газ	Твердое тело	Пенопласт
Жидкость	Газ	Облака
Жидкость	Жидкость	Молоко Алкоголь
Жидкость	Твердое тело	Жемчуг Капиллярные системы
Твердое тело	Газ	Пыли
Твердое тело	Жидкость	Рассол
Твердое тело	Твердое тело	Сплав

По структурно-механическим свойствам выделяют свободнодисперсные и связнодисперсные дисперсные системы. По характеру взаимодействия дисперсной фазы и дисперсионной среды системы разделяют на лиофильные (гидрофильные) и лиофобные (гидрофобные) [46].

1.2.2. Основные свойства дисперсных систем

Основными свойствами дисперсной системы являются гетерогенность, поверхностная и свободная энергия дисперсной фазы, адсорбция, седиментация и диффузия, агрегативная устойчивость. Гетерогенность или наличие поверхностей раздела фаз – это первое свойство, которое отличает дисперсные системы от молекулярных растворов. Величина удельной поверхности дисперсной фазы велика (от единиц до сотен м²/г), доля атомов на поверхности также велика (до ~ 10%), что и обуславливает значительный вклад поверхностных слоёв в состояние системы и приводит к появлению у коллоидов особых, присущих только им, свойств. . : Так как свойства участка фазы, примыкающего к её поверхности, отличаются от свойств фазы в объеме, средняя энергия частицы, находящейся на поверхности раздела фаз, больше средней энергии такой же частицы в объеме фазы. Поэтому важнейшей характеристикой поверхностного слоя является поверхностная энергия (G_S), пропорциональная величине поверхности фазы (S). Влияние поверхностного слоя на объёмные свойства фазы пропорционально доле частиц, находящихся на поверхности, т.е. величине удельной поверхности фазы.

Процесс самопроизвольного изменения концентрации какого-либо вещества у поверхности раздела двух фаз называется *адсорбцией*. Обычно рассматривают увеличение концентрации – положительную адсорбцию. *Адсорбентом* называется вещество, на поверхности которого происходит изменение концентрации другого вещества – *адсорбата*.

Явление адсорбции объясняется тем, что взаимодействие молекул адсорбата с поверхностью адсорбента больше, чем взаимодействие между молекулами адсорбата. При этом выполняется принцип понижения энергии системы «адсорбат+адсорбент» в самопроизвольном процессе. Адсорбция

описывается несколькими теориями, называемыми по именам авторов. Наиболее простыми и часто используемыми являются теории Лэнгмюра и Брунауэра –Эммета–Тейлора (теория БЭТ) [47] .

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

Коагуляция частиц может быть гомогенной (коагуляция частиц одного типа) и гетерогенной (взаимодействие частиц разной структуры и разных фаз) [48].

Процесс оседания либо всплытия коллоидных частиц в золе называется седиментацией. Однако седиментации всегда противодействует другой процесс, ведущий к равномерному распределению коллоидных частиц по всему объему раствора – диффузия, осуществляемая под действием броуновского движения частиц.

Важнейшей характеристикой коллоидных систем является их *агрегативная устойчивость* (устойчивость к коагуляции) – способность сохранять свой дисперсный состав. Эта характеристика наиболее чётко определяется путём измерения изменения распределения частиц по размерам в ходе процесса коагуляции. О ней можно также судить по изменению кинетики осаждения, если укрупнение сопровождается образованием достаточно крупных (способных оседать) агрегатов или агломератов.

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

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

1.2.3. Структура мицеллы в золе. Теория ДЭС.

Селективная адсорбция на ионной поверхности образует двойной электрический слой (ДЭС). Некоторые ионы будут адсорбироваться на поверхности ядра, образуя плотный (адсорбированный) слой. Ядро вместе с адсорбированными на нем противоионами называется коллоидной частицей. Остальные противоионы составляют диффузионный слой реальных ионов (размер диффузионного слоя зависит от электрической нейтральности в растворе). Противоионы адсорбционного слоя и диффузионного слоя находятся в состоянии динамического равновесия адсорбции-десорбции [49]. Например, получение коллоидной мицеллы AgI в избытке AgNO₃ (Рис.1.2).

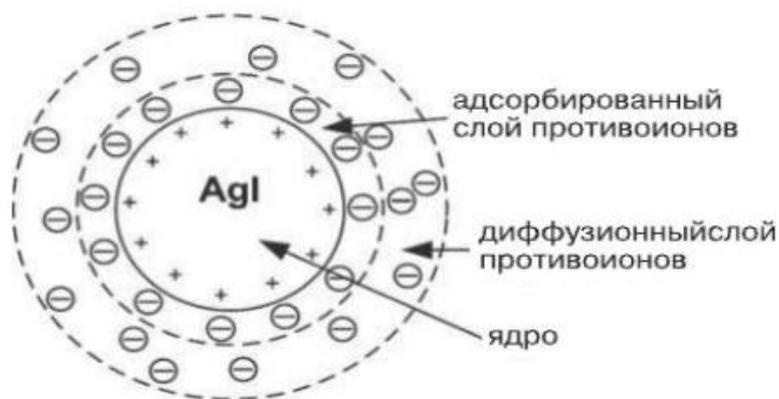


Рисунок 1.2. Структура коллоидной мицеллы золя AgI в избытке AgNO₃

Как показано в уравнении (1.1), обратная величина κ называется толщиной двойного электрического слоя, и соотношение между различными концентрациями ионов (число ионов на единицу объема) и валентностью Z_i в растворе может быть выражено уравнением (1.1) [50].

$$\kappa = \left[\frac{e^2 \sum n_i^0 z_i^2}{\epsilon \epsilon_0 k T} \right]^{1/2}, \quad \kappa = 3.288 I^{1/2} \quad (1.1)$$

где I – ионная сила ($I = \frac{1}{2} \sum c_i z_i^2$) раствора, а c_i – концентрация иона, i в моль / л, а z_i – валентное число i , e – заряд электрона, ϵ – диэлектрическая проницаемость раствора, k – постоянная Больцмана, T – температура.

Приведенная выше формула показывает, что увеличение концентрации ионов и валентности в растворе делает электрический двойной слой более тонким, и, таким образом, падение потенциала в диффузионном слое, таким образом, ускоряется. С другой стороны, больше противоионов входит в слой Штерна, и поэтому ξ -потенциал уменьшается. Высокие или большие противоионы могут даже привести к обращению ξ -потенциала.

1.3. Агрегация наночастиц в разных условиях

1.3.1. Влияние ультразвуковой обработки на агрегацию наночастиц

Ультразвуковая обработка главным образом использует свои энергетические характеристики и кавитацию для изменения или ускорения изменения определенных физических, химических, биологических свойств или состояний вещества. Кавитация может значительно увеличить скорость гетерогенной реакции, добиться равномерного перемешивания между гетерогенными реагентами, ускорить диффузию реагентов и продуктов, способствовать образованию новых твердых фаз и контролировать размер и распределение частиц.

Согласно исследованиям [51] ультразвуковая обработка может уменьшить степень переохлаждения суспензии наночастиц, на что влияет ультразвуковая мощность и концентрация наночастиц. Другое исследование также показало, что под действием поверхностно-активных веществ и ультразвука размер частиц в суспензии уменьшается, но с увеличением времени ультразвуковой обработки размер частиц будет увеличиваться. Следовательно, контроль времени ультразвуковой обработки может эффективно уменьшить размер частиц в суспензии, а также может улучшить стабильность суспензии [52].

Ультразвуковая обработка позволяет эффективно уменьшить размер частиц в суспензии и улучшить стабильность суспензии в определенный промежуток времени. Но если время будет слишком долгим, размер частиц увеличивается.

1.3.2. Влияние электролитов на агрегацию наночастиц

Структура коллоида в суспензии может быть разделена на три слоя: ядро, компактный слой и диффузионный слой. Состав ядра состоит из частиц и адсорбированных ионов. Затем противоположно заряженные ионы в растворе притягиваются, образуя плотный слой. Конечный диффузионный слой представляет собой небольшое количество противоионов. Взаимодействие ионов в частицах и растворе представляет собой двойной электрический слой с электрическим потенциалом. [53] Литературный обзор показал, что при добавлении электролита изменяется электрический двойной слой, что влияет на стабильность суспензии и размер частиц. В работе [54] исследовали стабильность суспензии наночастиц ZrO_2 при разных pH и концентрации электролита ($NiSO_4$, $NiCl_2$). При pH=3 суспензия показала более высокую агрегационную устойчивость, но когда pH увеличился, ξ -потенциал уменьшился, и частицы были склонны к агломерации. В электролите с высокой концентрацией ПАВ (PEG, PMAA-Na, MZN) десорбируется с поверхности частиц, вызывая агломерацию.

Были проведены исследования [55], в которых изучали суспензию наночастиц SiO_2 с добавлением полиэтиленгликоля (ПЭГ) в растворе $(NH_4)_2SO_4$. Когда концентрация соли увеличивалась суспензии обладали повышенной седиментационной устойчивостью. а высота суспензии увеличивается, а стабильность уменьшается.

Экспериментальные результаты в [56] показывают, что чем выше концентрация ионов $NaCl$ и $CaCl_2$ (0,0002...0,02 моль/л) тем меньше изменение двойного электрического слоя, а следовательно, тем меньше гидродинамический радиус частиц. Также показано, что чем выше валентность добавляемого электролита, тем меньше гидродинамический радиус частиц.

В работе [57] авторы добавляли $NaCl$, $NaNO_3$ и $NaOH$ к дисперсии золя Mg-Al. Динамическое рассеяние фотонов использовалось для наблюдения изменений размера полимера в дисперсии во времени. На поверхности исследования, когда концентрация диэлектрика $NaCl$ и $NaNO_3$ увеличивается,

дисперсия проходит три стадии: стабилизация, медленная агрегация и быстрая агрегация. Агрегирующая способность дисперсии золя, добавленной с NaOH, была значительно увеличена, и начальная концентрация NaOH, которая инициировала агрегацию, была намного ниже, чем NaCl.

Таким образом, тип электролитов и их концентрация оказывают большое влияние на стабильность суспензии. Чем выше концентрация, тем ниже стабильность суспензии. Через определенные интервалы увеличение концентрации электролита уменьшает толщину двойного электрического слоя, тем самым уменьшая размер частиц. Однако, когда концентрация слишком высока, потенциал слишком мал, а когда частицы сталкиваются, они накапливаются и осаждаются из-за действия межмолекулярных сил.

1.3.4. Влияние ПАВ на агрегацию наночастиц

Добавление поверхностно-активных веществ (ПАВ) изменяет поверхностные свойства наночастиц и влияет на степень их агломерации. В таблице 1.3. приведены некоторые ПАВ, использованные в разных работах для модификации наночастиц ZnO с целью предотвращения их агрегации. Взаимодействие количества добавленного ПАВ и агрегации наночастиц не являются линейными, поэтому для различных типов наночастиц и ПАВ необходимо проводить дополнительные исследования, чтобы найти необходимую концентрацию ПАВ.

Таблице 1.3 Влияние ПАВ на агрегацию наночастиц ZnO

ПАВ	Состав ПАВ	Экспериментальные условия	Результат	Ссылка
Лаурил-сульфат натрия (SDS)	$\text{CH}_3\text{CH}_211\text{SO}_3\text{Na}$	SDS:ZnO =1:10	уменьшение размера частиц (d_{cp}) от 118 до 14 нм	[58]
Полисорбат -80 TWEEN-80	$\text{C}_2\text{H}_{44}\text{O}_6(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n$	Tw-80:ZnO =1:20	уменьшение d_{cp} от 118 до 23нм	

Глицин (Glycin)	$C_2H_5NO_2$	pH=5,5...6,5 NaCl < 5мМ	уменьшение размера кристалитов от 14 до 12,6 нм	[59]
Полиэтилен- гликоль (PEG-2000)	$HO(CH_2CH_2O)_nH$	PEG:ZnO =1:30	уменьшение d_{cp} от 118 до 20 нм	[60]
Лизин (Lysine)	$C_6H_{14}N_2O_2$	15 мМ $Zn(NO_3)_2$ 45 мМ лизина 50...70 °С	Образование звезд ZnO доказывает важную роль лизина в формировании наностержней	[61]
Бромид цетилтриметиламмония (СТАВ)	$C_{16}H_{33}(CH_3)_3NBr$	pH=9 0.001М СТАВ	уменьшение d_{cp} в 15 раз	[62]
4- третоктилфенол (Triton X- 100)	$C_{14}H_{22}O(C_2H_4O)_n$ ($n=9-10$)	pH=9...10 0.001М раствор	уменьшение d_{cp} в 10 раз	

1.4. Постановка задач исследования

Таким образом, проведенный в работе литературный обзор показал, что наночастицы оксида цинка имеют широкие перспективы применения в качестве химической промышленности и медицины. Продемонстрировано, что для краски и проводящей пасты наночастицы удобно использовать в виде суспензий. С другой стороны, большой спрос на наночастицы, рост их производства нанопорошков ZnO , необходимость их дисперсионного анализа привели, в том числе, к необходимости разработки водных дисперсий наночастиц с контролируемыми седиментационными и дисперсионными свойствами.

Не смотря на имеющиеся данные о физико-химических свойствах наночастиц ZnO в водных суспензиях в процессе их синтеза или при диспергировании, разнообразие производимых наночастиц ограничивает прогнозирование агрегационных свойств суспензий на их основе.

Литературный обзор показал, что агрегация наночастиц зависят от способа приготовления суспензии, метода перемешивания, pH среды, концентрации и размера наночастиц, а также ПАВ.

Целью выпускной квалификационной работы являлся подбор экспериментальных условий для приготовления водных суспензий промышленных наночастиц ZnO с контролируемыми дисперсионными и седиментационными свойствами в водных растворах ПАВ и электролитов.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- провести обзор учебной и научной литературы по классификации, применению, получению и свойствам наночастиц ZnO в водных суспензиях;
- определить морфологию наночастиц ZnO методами сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии;
- определить влияние условий пробоподготовки (длительности ультразвуковой обработки, способа смешивания компонентов, природы и концентрации ПАВ, состава и концентрации электролита) на седиментационные и дисперсионные свойства наночастиц ZnO разного размера с помощью методов спектрофотометрии и лазерной дифракции.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Нанопорошки и ПАВы

В работе исследовали нанопорошки ZnO (обозначение в работе: ZnO-14 и ZnO-25), полученные с помощью плазмохимического синтеза, производитель – Plasmachem Ltd Co, Germany. Порошки имели белый цвет.

В качестве ПАВ были выбраны следующие вещества: глицин (Gly, C₂H₅NO₂, ХИММЕД, России), D-глюкоза (Gluc, C₆H₁₂O₆, ХИММЕД, России), полиэтиленгликоль (PEG-1500, HO(CH₂CH₂O)_nH, Prime Chemicals Group, России). ПАВы были выбраны на основании литературного обзора.

2.2. Приготовление сток-суспензии

Для изучения влияния длительности ультразвуковой (УЗ) обработки сток-суспензии готовили в пластиковых стаканах объемом 60 мл: к навеске нанопорошков (50 мг ZnO-14 и 20 мг ZnO-25) добавляли 50 мл дистиллированной воды (pH=6,5±0,6, проводимость 0,2 мкС, Аквадистиллятор ДЭ-4 ТЗМОИ, Тюмень Медико, Россия). Для взвешивания использовали электронные аналитические весы ALC-80d4 (Acculab, Россия, точность ±0,0001 г). Разная концентрация частиц подобрана экспериментально с целью получения воспроизводимых результатов на приборе, с помощью которого проводили дисперсионный анализ суспензий.

Стаканы закрывали закручивающейся крышкой и помещали в УЗ ванну ГРАД 28-35 (Grade Technology, Россия, 55 Вт) для обработки в течение 60 мин при 25±2°C. Полученный сток использовали для исследования седиментационных свойств.

Для изучения влияния ПАВ и способа смешивания компонентов сток-суспензии готовили двумя способами. В обоих случаях в пластиковом стакане объемом 60 мл готовили сухую смесь ПАВ и нанопорошка в молярном соотношении ПАВ:НЧ=1:0,5....1:15. Но дальше использовали два разных подхода.

1) В первом случае к сухой смеси ПАВ и нанопорошка добавляли сразу 50 мл воды. Обозначим этот способ «смешивание в воде».

2) Во втором способе смесь перемешивали 1-минутным встряхиванием с помощью 20 стеклянных шариков (диаметр 5 мм). После чего к смеси добавляли 2 мл дистиллированной воды и встряхивали в течение одной минуты, затем добавляли 48 мл воды. После чего обрабатывали суспензию в УЗ ванне в течение 30 минут. Обозначили этот способ как «сухое смешивание».

В обоих способах суспензии в стаканах с закрытой крышкой обрабатывали ультразвуком в течение 30 минут.

Для изучения влияния электролита сток-суспензию готовили следующим образом. В пластиковом стакане объемом 60 мл к сухой навеске наночастиц добавляли 250 мл 0...500 мМ водного раствора NaCl или CaCl₂. Затем суспензию обрабатывали в УЗ ванне в течение 30 минут.

После обработки из сток-суспензии 2 мл отбирали для изучения седиментационных свойств, а остальное – для изучения дисперсионных свойств. Сток-суспензию готовили непосредственно перед исследованием, хранили не более 5 минут.

2.2. Методики исследования

2.2.1. Определение морфологии наночастиц

Для изучения морфологии наночастиц использовали просвечивающую электронную микроскопию (ПЭМ). Электронный пучок, сформированный осветительной системой, падает на объект и рассеивается. Далее, рассеянная волна объективной линзой преобразуется в изображение, которое увеличивается промежуточными линзами. Полученные черно-белые изображения используют для морфологического и дисперсионного изображенных материалов.

ПЭМ-изображения получены на просвечивающем электронном микроскопе JEM-1400 (Jeol, Япония), имеющем разрешение – 0,24 нм, максимальное ускоряющее напряжение 200 кВ. Все измерения проводились

при ускоряющем напряжении 120 кВ. Результатом являлось свето- и темнопольное изображение частиц и агрегатов, обработка которых позволила построить распределение частиц по размерам, а также определить размеры агрегатов и степень агрегации сухих частиц.

2.2.2. Определение седиментационной устойчивости суспензий

Седиментационную устойчивость водных суспензий оценивали по изменению коэффициента светопропускания ($\Delta T, \%$) при 430 нм в течение 30 минут на спектрофотометре PD-303 (Arel, Япония). Для измерения T 2 мл сток-суспензии помещали в стеклянную пробирку прибора, суспензию не разбавляли и не встряхивали. Эталонном в методике являлась дистиллированная вода с $T=100\%$. Величину ΔT рассчитывали по формуле:

$$\Delta T = T_{60} - T_0, \quad (2.1)$$

где T_0 – коэффициента светопропускания в начальный момент времени и T_{60} – коэффициент светопропускания через 60 мин (рис.2.1).

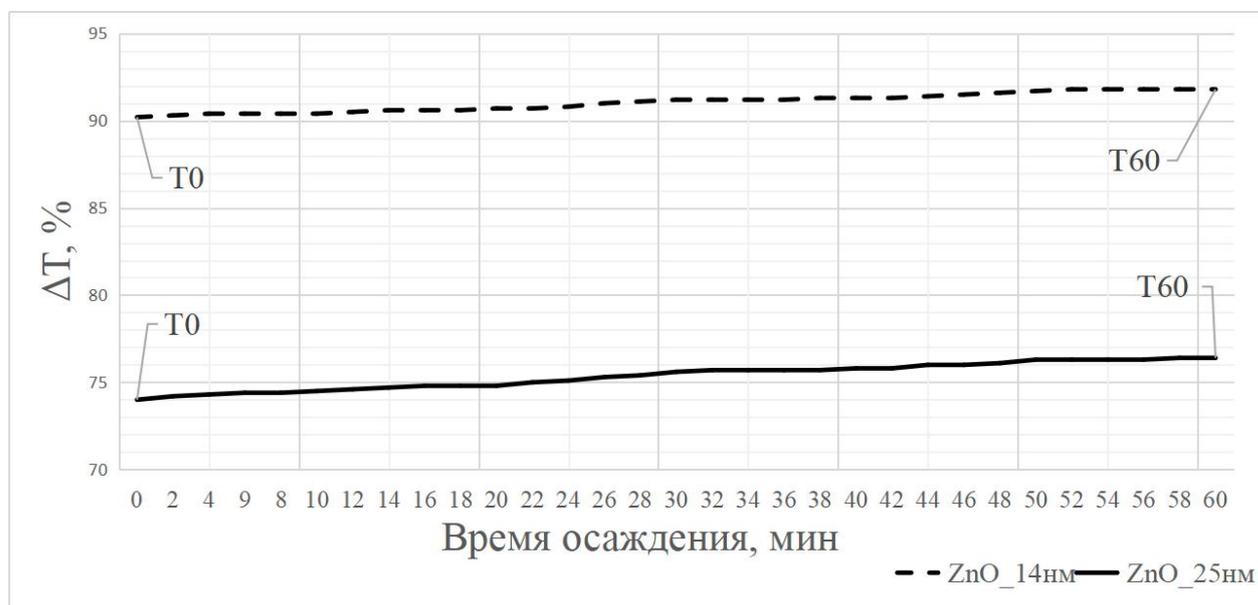


Рисунок 2.1. Изменение коэффициента светопропускания в суспензии.

2.2.3. Изучение дисперсионных свойств суспензий

Дисперсионные свойства исследовали с помощью метода лазерной дифракции на лазерном дифрактометре SALD-7101 (Shimadzu, Япония). В

конусообразный кювету смеситель дифрактометра прибора наливали 200 мл дистиллированной воды. Далее при включенной лопастной мешалке и ультразвуке (50 Вт) добавляли 48 мл приготовленную сток-суспензию наночастиц. Измерения проводили при лазере 633 375 нм в течение 5...10 мин не менее трех раз. Результатом измерения были данные для построения кривых количественного распределения частиц по размерам ($q = f(d)$) и для расчета среднего размера частиц/агломератов ($d_{\text{ср.}}$) по формуле (2.2):

$$d_{\text{ср.}} = \sum d \frac{q(\%)}{100(\%)}, \quad (2.2)$$

где d – размер частиц в дисперсии, q – процентное содержание частиц с размером d в дисперсной системе.

В используемом методе концентрация частиц оказывает большое влияние на точность измерения, концентрация должна быть достаточно низкой, чтобы избежать многократного рассеяния, но также должна быть достаточно высокой, чтобы предотвратить искажения сигнала из-за флуктуаций числа. Поэтому концентрация суспензий исследуемых наночастиц была подобрана экспериментально. Для каждого образца выбирали такую концентрацию нанопорошка, чтобы значение коэффициента адсорбции попадало в интервал 0,1...0,3 (требуемое данным прибором): соответственно, 50 мг для ZnO-14 ($A=0,112...0,115$) и 20 мг для ZnO-25 ($A=0,115...0,119$) на 250 мл суспензии.

Степень агрегации частиц (A) в водной суспензии оценивали как число частиц, образующих агрегат среднего размера.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ72	Сюй Цзэлинь

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	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>Материально-технические ресурсы: материалы для работы (54775,69руб.), амортизация оборудования (673,87руб.). Информационные ресурсы: научные статьи, учебники по теме исследования. Человеческие ресурсы: инженер (магистрант), научный руководитель. ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов». ГОСТ 31532-2012 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность». Ставка страховых взносов 30 % (пункт 2 ст.425 НК РФ)</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет	<i>НИ проводится в 12 этапов в течение 164 дня. Общий бюджет затрат НИ 4039700,56 руб. В статьи расходов включены: материальные затраты, амортизация оборудования, затраты по основной, доп. заработной плате исполнителей темы, отчисления во ффчя 999999999внебюджетные фонды, накладные расходы</i>
2. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	<i>Экономическая эффективность обусловлена продлением срока службы компонентов.</i>

Перечень графического материала:

1. График проведения и бюджет НИИ
2. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Рагозин Д. В.	к. и. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ72	Сюй Цзэлинь		

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Это исследование посвящено анализу изменений седиментации и полимеризации наноксида цинка в качестве добавки в дисперсионную систему. Условия дисперсионной системы изменяются, чтобы наночастицы оптимально используются в дисперсионной системе. Целью данного раздела «Финансовый менеджмент, эффективность использования ресурсов и защита ресурсов» является определить перспективы и целесообразность проведения научных исследований с точки зрения экономической эффективности и производительности наночастиц и других добавок.

Материалы: сухие нанопорошки ZnO с исходным размером 14 и 25 нм (обозначение в работе: ZnO-14 и ZnO-25), метод получения – плазмохимический синтез, производитель – Plasmachem Ltd Co, Germany, дистиллированная вода, лабораторная посуда. ПАВ: Глицин, D-глюкоза, PEG-1500. Электролит: NaCl и CaCl₂.

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на исследование (проект), а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

Карта сегментирования представлена в таблице 5.1.

Таблица 5.1.

Карта сегментации рынка для лекарств-носителей для производства таргетной терапии.

Количество продукции поставки	Изделия из композиционной керамики
Крупный	А
Средний	Б
Мелкий	В

Фармацевтическая компания- А,

Биофармацевтический институт- Б,
 Научно-исследовательский институт- В.

5.1 Организация и планирование работ

5.1.1. Структура работ в рамках научного исследования

Информация об участниках проекта представлена в табличной форме (таблица 5.2.)

Таблица 5.2

Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1	Годымчук А.Ю., доцент кафедры ИШНПТ	Руководитель проекта	Отвечает за реализацию, координирует деятельность участников проекта
2	Сюй Цзэлинь, магистр кафедры ИШНПТ	Исполнитель по проекту	Выполнение экспериментальной части

Таблица 5.3

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя	Загрузка исполнителей
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы	НР – 100%
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент-дипломник	И – 100%
	3	Проведение патентных исследований	Студент-дипломник	И – 100%

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя	Загрузка исполнителей
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, студент-дипломник	НР – 100% И – 10%
	5	Календарное планирование работ по теме	Студент-дипломник, руководитель	НР – 30% И – 100%
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Изучение исходных образцов	Студент-дипломник	И – 100%
	7	Подготовка порошки	Студент-дипломник	И – 100%
	8	Подготовка образцов	Студент-дипломник	И – 100%
	9	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент-дипломник	И – 100%
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник	НР – 60% И – 100%
	11	Определение целесообразности	Руководитель, студент-дипломник	НР – 60% И – 100%
	12	Определение состав и их содержание суспензии	Руководитель, студент-дипломник	НР – 60% И – 100%

5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Для того, чтобы анализа свойства наночастиц оксид цинка, решить выбор метода анализа и узнать влияния разных условия, рассчитать сложность экспериментального статистического метода, основываясь на следующей

формуле для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ тож применяется по усмотрению исполнителя одна из формул:

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

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{рд}$) ведется по формуле:

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д}$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{вн} = 1$;

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{д} = 1-1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{кд} = T_{рд} \cdot T_{к}$$

где $T_{кд}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{к}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле

где $T_{кал}$ – календарные дни ($T_{кал} = 365$);

$T_{вд}$ – выходные дни ($T_{вд} = 52$);

$T_{пд}$ – праздничные дни ($T_{пд} = 10$).

Таблица 5.4 показывает продолжительность и сложность работы преподавателей и аспирантов на каждом этапе. Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [66]. Смотрите таблицу 5.5.

Составление и утверждение технического задания:

$$t_{ож}=(2*3+3*2)/5=2,4 \quad T_{рд}=t_{ож}*1,212=2,88(нр) \quad T_{кд}=T_{рд}*1,212=3,46(нр)$$

Подбор и изучение материалов по теме:

$$t_{ож}=(1*3+3*2)/5=1,8 \quad T_{рд}=t_{ож}*1,212=2,16(и) \quad T_{кд}=T_{рд}*1,212=2,62(и)$$

Проведение патентных исследований:

$$t_{ож}=(8*3+10*2)/5=8,8 \quad T_{рд}=t_{ож}*1,212=10,56(и) \quad T_{кд}=T_{рд}*1,212=12,80(и)$$

Выбор направления исследований:

$$t_{ож}=(2*3+3*3)/5=3 \quad T_{рд}=t_{ож}*1,212=6,06(нр) \quad T_{кд}=T_{рд}*1,212=7,34(нр)$$

$$T_{рд}=t_{ож}*1,212*0,1=0,61(и) \quad T_{кд}=T_{рд}*1,212=0,73(и)$$

Календарное планирование работ по теме:

$$t_{ож}=(3*3+5*2)/5=3,8 \quad T_{рд}=t_{ож}*1,212*0,3=1,38(нр) \quad T_{кд}=T_{рд}*1,212=1,67(нр)$$

$$T_{рд}=t_{ож}*1,212*1=4,61(и) \quad T_{кд}=T_{рд}*1,212=5,59(и)$$

Изучение исходных образцов:

$$t_{ож}=(6*3+12*2)/5=8,4 \quad T_{рд}=t_{ож}*1,212=10,08(и) \quad T_{кд}=T_{рд}*1,212=8,97(и)$$

Подготовка порошки:

$$t_{ож}=(4*3+8*2)/5=5,6 \quad T_{рд}=t_{ож}*1,212=6,72(и) \quad T_{кд}=T_{рд}*1,212=6,52(и)$$

Подготовка образцов:

$$t_{ож}=(8*3+14*2)/5=10,4 \quad T_{рд}=t_{ож}*1,212=12,48(и) \quad T_{кд}=T_{рд}*1,212=15,13(и)$$

Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями:

$$t_{ож}=(4*3+8*2)/5=5,6 \quad T_{рд}=t_{ож}*1,212=8,64(и) \quad T_{кд}=T_{рд}*1,212=10,72(и)$$

Оценка эффективности полученных результатов:

$$t_{\text{ож}}=(3*3+6*2)/5=4,2 \quad T_{\text{рд}}=t_{\text{ож}}*1,212*0,6=3,05 \text{ (нр)} \quad T_{\text{кд}}=T_{\text{рд}}*1,212=3,70\text{(нр)}$$

$$T_{\text{рд}}=t_{\text{ож}}*1,212*1=5,09 \text{ (и)} \quad T_{\text{кд}}=T_{\text{рд}}*1,212=6,20\text{(и)}$$

Определение целесообразности:

$$t_{\text{ож}}=(4*3+8*2)/5=5,6 \quad T_{\text{рд}}=t_{\text{ож}}*1,212*0,6=4,07 \text{ (нр)} \quad T_{\text{кд}}=T_{\text{рд}}*1,212=4,93\text{(нр)}$$

$$T_{\text{рд}}=t_{\text{ож}}*1,212*1=6,79 \text{ (и)} \quad T_{\text{кд}}=T_{\text{рд}}*1,212=8,23\text{(и)}$$

Определение процесса приготовления системы Al_2O_3 -магнитит:

$$t_{\text{ож}}=(6*3+12*2)/5=8,4 \quad T_{\text{рд}}=t_{\text{ож}}*1,212*0,6=6,11 \text{ (нр)} \quad T_{\text{кд}}=T_{\text{рд}}*1,212=7,41\text{(нр)}$$

$$T_{\text{рд}}=t_{\text{ож}}*1,212*1=10,18 \text{ (и)} \quad T_{\text{кд}}=T_{\text{рд}}*1,212=12,34\text{(и)}$$

Таблица 5.4.

Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Составление и утверждение технического задания	НР	2	3	2,4	2,88	–	3,46	–
Подбор и изучение материалов по теме	И	1	3	1,8	–	2,16	–	2,62
Проведение патентных исследований	И	8	10	8,8	–	10,56	–	12,80
Выбор направления исследований	НР, И	2	3	3	6,06	0,61	7,34	0,73
Календарное планирование работ по теме	НР, И	3	5	3,8	1,38	4,61	1,67	5,59
Изучение исходных образцов	И	6	12	8,4	–	10,08	–	8,97
Подготовка порошки	И	4	8	5,6	–	6,72	–	6,52
Подготовка образцов	И	8	14	10,4	–	12,48	–	15,13
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	И	4	8	5,6	–	8,64	–	10,47
Оценка эффективности полученных результатов	НР, И	3	6	4,2	3,05	5,09	3,70	6,20
Определение целесообразности	НР, И	4	8	5,6	4,07	6,79	4,93	8,23
Определение состав и их содержание суспензии	НР, И	6	12	8,4	6,11	10,18	7,41	12,34
Итого:				68	23,55	77,92	28,51	89,6

Таблица 5.5

Линейный график работ

Этап	НР	И	февраль		Март			Апрель			Май			Июнь
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	2,62	–	■											
2	–	2,16	■											
3	–	10,56		■	■	■								
4	6,06	0,61			■	■								
5	1,38	4,61				■	■							
6	–	10,08					■	■						
7	–	6,72						■	■					
8	–	12,48							■	■	■			
9	–	8,64								■	■	■		
10	3,05	5,09									■	■		
11	4,07	6,79										■	■	
12	6,11	10,18											■	■

НР – ■ И – ■

5.3. Расчет сметы затрат на выполнение проекта

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

5.3.1. Сырье, материалы, покупные изделия

В данной статье рассматриваются расходы на приобретение всех видов материалов, комплектующих оборудования, необходимых для выполнения данной темы. Количество требуемого материала определяется спецификацией потребления.

Средства, необходимые для производства сырья, следующие:

ZnO-14nm: $100 \text{ г} * 44,05 \text{ руб/г} = 4405 \text{ руб.}$

ZnO-25nm: $100 \text{ г} * 165,2 \text{ руб/г} = 16520,69 \text{ руб.}$

Глицин : $50 \text{ г} * 510 \text{ руб/г} = 25500 \text{ руб.}$

D-глюкоза : $50 \text{ г} * 160 \text{ руб/г} = 8000 \text{ руб.}$

PEG-1500 : $100 \text{ г} * 0,20 \text{ руб/ г} = 20 \text{ руб.}$

NaCl : $100 \text{ г} * 3 \text{ руб/ г} = 300 \text{ руб.}$

CaCl₂ : $100 \text{ г} * 0,3 \text{ руб/ г} = 30 \text{ руб.}$

Сумма за всего материалы :

54775.69 руб.

Таблица 5.6.

Сырье, материалы

Наименование	Единица измерения	количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
ZnO-14nm	Г	100	44,05	4405
ZnO-25nm	Г	100	165,2	16520,69
Глицин	Г	50	510	25500
D-глюкоза	Г	50	160	8000
PEG-1500	Г	100	0,20	20
NaCl	Г	100	3	300
CaCl ₂	Г	100	0,3	30
			Всего за материалы	54775,69

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{мат}} = 54775,69 * 1,05 = 57514,47$ руб.

5.3.2 Основная заработная плата

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Расчет заработной платы персоналу сведен в таблицу[67].

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года 10,4 ;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн. 251.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

$Z_{\text{м}}(\text{руководитель})=26300 \cdot (1+0,3+0,2) \cdot 1,3=51285$ руб.

$Z_{\text{м}}(\text{магистр})=9893 \cdot (1+0,3+0,2) \cdot 1,3=19291$ руб.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.7.

Таблица 5.7

Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, руб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2124	13	27612
магистр	9893	0,3	0,2	1,3	19291	799	105	83895

5.3.3 расчет затрат на социальный налог

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где, $k_{\text{внеб}}$ – (0,3) коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления на социальные нужды составляет 30%

магистр: $C_{\text{внеб}} = 0,271 * 83895 = 22651$ руб.

Руководитель: $C_{\text{внеб}} = 0,271 * 27612 = 7455$ руб.

$C_{\text{внеб}} = C_{\text{внеб}}(\text{магистр}) + C_{\text{внеб}}(\text{Руководитель}) = 22651 + 7455 = 30106$ руб.

5.3.4. Расчет затрат на электроэнергию

Расчет затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}}$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_{\text{э}} = 5,748$ руб./кВт·час (с НДС).

Затраты на электроэнергию при использовании ультразвукового генератора:

$$C_{\text{эл.об.}} = 15 \times 3 \times !$$

Затраты на электроэнергию при атмосферной печи:

$$C_{\text{эл.об.}} = 480 \times 19 \times 5,748$$

Затраты на электроэнергию при Nano-spray dryer B-90:

$$C_{\text{эл.об.}} = 1.5 \times 400 \times 5,748 = 34488 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию при сушильные шкафы:

$$C_{\text{эл.об.}} = 0,6 \times 3 \times 5,748 = 10,35 \text{ руб.}$$

Сумма затрат на электроэнергию составила 56139,57 руб.

5.3.5 Расчет амортизационных расходов

Во время использования машины, машина неизбежно будет иметь старое явление, поэтому мы должны рассчитать старые потери оборудования.

Используемая формула:

$$C_{\text{ам}} = \frac{N_{\text{а}} * Ц_{\text{об}} * t_{\text{рф}} * n}{F_{\text{д}}}$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{Об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} ;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

$$C_{AM}(\text{ультразвуковой генератор})=3\%*10\cdot 10^3*3*1/(5*365*24)=0,02\text{руб}$$

$$C_{AM}(\text{Laser diffractometer})=4\%*3500\cdot 10^3*400*1/(10*365*24)=639,27\text{руб}$$

$$C_{AM}(\text{Nano-spray dryer B-90})=4\%*188,53\cdot 10^3*400*1/(10*365*24)=34,43\text{руб}$$

$$C_{AM}(\text{сушильные шкафы})=3\%*88,101\cdot 10^3*3*1/(6*365*24)=0,15\text{руб}$$

Расчет амортизационных расходов в таблице 5.8.

таблица 5.8.

Расчет амортизационных расходов

Наименование оборудования	N_A	$C_{Об}$ (тыс. руб)	F_D (год)	$t_{рф}$ (ч)	n	C_{AM} (руб)
ультразвуковой генератор	3%	10	5	3	1	0,02
Laser diffractometer SALD-7101	4%	3500	10	400	1	639,27
Spectrophotometer PD-303 (ApeI, JP)	4%	188,53	10	400	1	34,43
сушильные шкафы	3%	88,101	6	3	1	0,15

Итого:		3786,63				673,87
---------------	--	----------------	--	--	--	---------------

5.3.6 Затраты на водоснабжение

Тариф на водоснабжение - 30,22 р. м³

Примерный расход воды за время исследований составляет - 15 м³

Затраты на водоснабжение за весь период исследования составляет - 453,3 руб.

Вода использовалась для мытья химической посуды и промывания установки.

5.3.7. Расчет общей себестоимости разработки

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно – технической продукции [68]. Определение бюджета затрат на научно – исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 5.9.

Таблица 5.9.

Полная смета затрат

Статьи	Затраты, руб.
Основные и вспомогательные материалы	54775,69
Оборудование	3786630
Заработная плата	111507
Затраты на электроэнергию	56139,57
Отчисления на социальные нужды	30195
Затраты на водоснабжение	453,3
Итого	4039700,56

Таким образом, суммарно бюджет разработки составил 4039700,56 рублей. Большая сумма обоснована большой стоимостью оборудования для работы.

5.4 Оценка экономической эффективности проекта

Практическим аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т. Е. Отношение получаемых экономических выгод (эффектов) к стоимости разработки проекта.

Мы знаем, что инвестирование подразумевает расширение возможностей его объектов и влияет на многие аспекты его деятельности. Посредством соответствующей инвестиционной политики организации достигают своих стратегических и тактических целей, таких как проникновение на рынок, увеличение доли рынка и увеличение прибыли.

Необходимость экономической оценки инвестиций связана со следующими факторами:

- ограниченные источники финансирования;
- Есть много областей инвестиционного фонда;
- Различия в отдаче от инвестиций для разных целей.

Это требует качественного и количественного анализа первоначального инвестиционного проекта с целью выбора наиболее эффективного ограниченного набора.

5.4.1 Определение срока окупаемости инвестиций

Данный показатель определяет продолжительность того периода, через который инвестиции будут возвращены полученной благодаря им прибылью. Чем меньше **РР**, тем эффективнее проект. Использование показателя предполагает установление для него приемлемого значения как меры эффективности инвестиций. Используется формула:

$$PP = n_{цj} + \frac{\Delta ПР_{цj}}{ПР_{цj+1}}$$

где $n_{цj}$ – целое число лет, при котором накопленная сумма прибыли наиболее близка к величине инвестиций I_0 , но не превосходит ее;

$\Delta ПР_{ч_j}$ – непокрытая часть инвестиций по истечении $n_{ч_j}$ лет реализации проекта;

$ПР_{ч_{j+1}}$ – прибыль за период, следующий за $n_{ч_j}$ -м.

Таблица 5.10

Накопленные денежные поступления по проекту

год	инвестиции	прибыль	Накопленный денежный поток
0	-639	0	-639
1		150	-489
2		200	-289
3		220	-69
4		200	131
5		180	311

Очевидным недостатком рассмотренного показателя является его относительный характер – он не отражает масштаб проекта и соответственно объем полученного результата. Поэтому наряду с РР целесообразно рассчитать величину накопленного чистого эффекта по формуле:

$$NPV = \sum_{j=1}^n ПР_{ч_j} - I_0$$

где n – продолжительность в годах периода оценки эффекта. Очевидно, что в итоге реализации проекта эта величина должна быть положительной, иначе проект убыточен.

Если период реализации проекта больше одного года и величины $ПР_{ч}$ существенно различаются по годам реализационного периода, то необходимо учесть изменение ценности денег во времени .

где i – ставка дисконтирования (целевой уровень годовой доходности инвестируемых средств). Она принимается исполнителем по согласованию с руководителем экономической части проекта. При определении также используются дисконтированные значения ежегодной прибыли. Такая

(динамическая) оценка инвестиций является более надежной, особенно при сравнении конкурирующих проектов. В таблице (5.11) показано, как определяется значение РР для тех же исходных данных, что и в таблице 5.10, но с учетом убывания реальной стоимости результатов в будущие периоды (годы) относительно периода инвестирования – чем дальше в будущее, тем она меньше на единицу номинального эффекта (здесь – тыс. руб. прибыли), принято, что $i = 0,1$.

Дисконтированная прибыль:

1 год : $150 * 0,9091 = 136,365$ тыс. руб. 2 год : $200 * 0,8264 = 165,28$ тыс. руб.

3 год : $220 * 0,7513 = 165,286$ тыс. руб. 4 год : $200 * 0,683 = 136,6$ тыс. руб.

5 год : $180 * 0,6209 = 111,762$ тыс. руб.

Накопленный денежный поток:

1 год: $-639 + 136,365 = -502,635$ тыс. руб.

2 год: $-502,635 + 165,28 = -337,355$ тыс. руб.

3 год: $-337,355 + 165,286 = -172,069$ тыс. руб.

4 год: $-172,069 + 136,6 = -35,469$ тыс. руб.

5 год: $-35,469 + 111,762 = 76,293$ тыс. руб.

Таблица 5.10

Расчет дисконтированного срока окупаемости

год	инвестиции	Номинальная прибыль	Коэффициент дисконтирования $1/(1+0,1)^j$	Дисконтированная прибыль	Накопленный денежный поток
0	-639	0	1	0	-639
1		150	0,9091	136,365	-502,635
2		200	0,8264	165,28	-337,355
3		220	0,7513	165,286	-172,069
4		200	0,683	136,6	-35,469
5		180	0,6209	111,762	76,293

Исходя из раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» можно сделать выводы:

- Составлен план НИР, в котором разработан календарный план. Общее содержание работ для проведения исследования составило 12 позиций. Для построения таблицы временных показателей проведения НИР был рассчитан коэффициент календарности.

- Календарный план составлялся при помощи диаграммы Ганта, которая оптимизирует выполнение работы. По данным графика на выполнение исследования потребовалось 164 дня.

- Бюджет научного исследования составил **3786630** рублей. Столь высокую сумму можно обосновать дорогой техникой (Цена РД SALD-7101 3500 тыс руб).

- Согласно оценке рыночной прибыли, когда пятый год производства запущен в производство, вы можете начать получать чистую прибыль.

Также интерес к данной работе, возможно, будет актуален для Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ)

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Сюй Ц. Изменение седиментационной устойчивости гидрозолей наночастиц под воздействием ультразвука // Сборник тезисов докладов V Всероссийского конкурса научных докладов студентов «Функциональные материалы: разработка, исследование, применение», г. Томск, г. Тамбов, 22-23 мая 2018 г. — Томск, 2018. — С. 8.
2. Сюй Ц. Aggregation properties of nanoparticles in electrolyte solution// Перспективы развития фундаментальных наук: XVI Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 23-26 апреля 2019 г. – принято в печать.
3. Сюй Ц. Исследование агрегационных свойств промышленных наночастиц // Сборник докладов 73 Дни науки студентов, НИТУ «МИСиС», Москва, 2018. — С. 517-518.