



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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
ООП/ОПОП Аналитический контроль в химической промышленности
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка нового флюоресцирующего материала на основе матрицы из оксида цинка

УДК 661.143:661.847'022

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д93	Батюк Марина Руслановна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Воронова Олеся Александровна	канд. хим. наук		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЕН ШБИП	Мостовщиков Андрей Владимирович	д-р. техн. наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Екатерина Валентиновна	канд. филос. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев Милий Всеволодович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Михеева Елена Валентиновна	канд. хим. наук		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП
«Аналитический контроль в химической промышленности»

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владение пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий

Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
ДПК(У)-1	Способность планировать и проводить химические эксперименты, проводить обработку результатов эксперимента, оценивать погрешности, применять методы математического моделирования и анализа при исследовании химико-технологических процессов
ДПК(У)-2	Готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования



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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
ООП/ОПОП Аналитический контроль в химической промышленности
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП
_____ Михеева Е.В.
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2Д93	Батюк Марина Руслановна

Тема работы:

Разработка нового флуоресцирующего материала на основе матрицы из оксида цинка	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	30-94/с от 30.01.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p>Объект исследования: люминофоры на основе матрицы из оксида цинка, полученные методом твердофазного синтеза.</p> <p>Требования к полученным соединениям:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Флуоресценция в видимой области спектра; • Природа энергии возбуждения: ультрафиолетовое излучение.
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников 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. Литературный обзор; 2. Объект исследования, аппаратура и методика эксперимента; 3. Результаты и их обсуждение; 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 5. Социальная ответственность
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Графическое представление полученных результатов</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Меньшикова Екатерина Валентиновна, кандидат философских наук, доцент ОСГН ШБИП, ТПУ
«Социальная ответственность»	Гуляев Милий Всеволодович, старший преподаватель ООД ШБИП, ТПУ

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

Задание выдал руководитель / консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Воронова О.А.	канд.хим.наук		
Профессор ОЕН ШБИП	Мостовщиков А.В.	д-р. техн. наук		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д93	Батюк Марина Руслановна		



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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

ООП/ОПОП Аналитический контроль в химической промышленности

Уровень образования Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2021/2022 учебного года)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2Д93	Батюк Марина Руслановна

Тема работы:

Разработка нового флюоресцирующего материала на основе матрицы из оксида цинка

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.02.2023	Литературный обзор	20
15.03.2023	Объект исследования, аппаратура и методика эксперимента	30
15.04.2023	Результаты и их обсуждение	30
10.05.2023	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
25.05.2023	Раздел «Социальная ответственность»	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Воронова Олеся Александровна	Кандидат химических наук		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Михеева Елена Валентиновна	Кандидат химических наук		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д93	Батюк Марина Руслановна		

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
2Д93	Батюк Марина Руслановна

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ООП/ОПОП	Химическая технология

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет проекта – не более 500 000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 350 000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование. Значение показателя интегральной ресурсоэффективности не менее 3,80.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации. Отчисления во внебюджетные фонды – 30 %.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Разработка графика проведения научного исследования. Определение бюджета научно – технического исследования (НТИ)</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчёт интегрального финансового показателя, интегральных показателей ресурсоэффективности и эффективности. Выбор оптимального исполнения исследования.</i>

Перечень графического материала:

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	
--	--

Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Меньшикова Екатерина Валентиновна	Канд. филос. наук		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д93	Батюк Марина Руслановна		

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
2Д93	Батюк Марина Руслановна

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ООП/ОП ОП	18.03.01 «Химическая технология»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объект исследования: Люминофоры на основе оксида цинка, активированные ионами серебра и лантана. Исследование люминесцентных свойств и количественное определение активатора в целях контроля качества.

Область применения: химическая промышленность;

Рабочая зона: Учебный корпус №2, г. Томск, пр. Ленина, д.43-А

Размеры помещений:

- кабинет 214, 19,5 м²;

- лаборатория общей химии 201-А, 23,5 м²

Количество и наименование оборудования рабочей зоны:

- аналитические весы (1);
- электроплита (1);
- муфельная печь (1);
- штатив (1);
- спектрофлуориметр (1);
- химическая посуда;

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

- ГОСТ 12.2. 032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;
- ГОСТ 12.2. 033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования;
- РД 34.03. 277-93. Типовая инструкция по охране труда для лаборанта химического анализа;
- Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда.
- ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)

2. Производственная безопасность:

- 2.1. Анализ потенциальных вредных и опасных факторов
- 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия

Опасные факторы:

- Производственные факторы, связанные с электрическим током;
- Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека.

Вредные факторы:

	<ul style="list-style-type: none"> – Недостаточная освещенность; – Повышенный уровень вибрации; – Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума; – Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды; <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - халат хлопчатобумажный; - перчатки.
3. Экологическая безопасность:	<p>Воздействие на селитебную зону: химическое заражение территории при аварии;</p> <p>Воздействие на литосферу: твердые отходы и загрязнение почвы при утилизации;</p> <p>Воздействие на гидросферу: слив воды с растворенными в ней химическими веществами;</p> <p>Воздействие на атмосферу: увеличение количества паров токсичных веществ.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); - Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); - Техногенные аварии (отказ систем безопасности, нарушение целостности емкостей с токсичными веществами, пожар) <p>Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	
---	--

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д93	Батюк Марина Руслановна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа бакалавра содержит 97 страниц, 13 рисунков, 27 таблиц, 38 литературных источников.

Ключевые слова: фотолюминесценция, флуоресценция, порошковый люминофор, оксид цинка, твердофазный синтез, гравиметрия, спектрофлуориметрия.

Объектами исследования являются порошковые люминофоры на основе матрицы из оксида цинка, активированного ионами переходных металлов.

Целью работы является разработка нового фотолюминесцентного материала на основе матрицы из оксида цинка, который может быть использован в качестве флуоресцентного компонента маркировочных составов красок.

В процессе исследования методом твердофазного синтеза получены образцы люминофоров на основе оксида цинка, активированные ионами серебра и лантана, введенными в различных количествах. Изучена зависимость люминесцентных характеристик полученных соединений от природы и содержания активатора. С помощью гравиметрического метода анализа определено содержание активирующей примеси в люминофорах, активированных ионами серебра. Подобраны условия и проведено определение активатора методом флуориметрии.

В результате исследования выявлено, что лучшими люминесцентными свойствами обладают люминофоры, активированные ионами серебра, при этом в рассматриваемом диапазоне концентраций активатора увеличение его содержания ведет к усилению люминесценции. Гравиметрическим методом определено реальное содержание активатора в образцах, потери в ходе синтеза составили 5-8 %.

Степень внедрения: работа находится на стадии исследования.

Область применения: результаты данной работы могут быть применены при создании флуоресцентных красок и других покрытий, светящихся под ультрафиолетовым излучением.

В будущем планируется дальнейшее исследование люминесцентных свойств люминофоров: повышение содержания активирующей примеси в синтезируемых образцах для определения величины, превышение которой приведет к концентрационному тушению люминесценции. Это позволит определить содержание активатора, при котором достигается максимально возможная интенсивность свечения.

Содержание

Введение.....	15
1. Литературный обзор.....	17
1.1. Явление люминесценции.....	17
1.2. Неорганические люминофоры.....	19
1.3. Механизм возникновения люминесценции.....	20
1.4. Требования к основам и активаторам люминофоров.....	22
1.5. Известные методы синтеза порошковых люминофоров.....	24
1.5.1. Метод твердофазного синтеза.....	24
1.5.2. Золь-гель синтез.....	25
1.5.3. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.....	25
1.5.4. Микроволновый синтез.....	26
1.5.5. Гидротермальный синтез.....	26
1.6. Известные методы анализа люминофоров.....	27
1.6.1. Анализ люминесцентных свойств.....	27
1.6.2. Исследование структуры и состава.....	27
1.7. Обоснование выбора основы люминофора.....	29
2. Объекты исследования, аппаратура и методика эксперимента.....	32
2.1. Твердофазный синтез люминофоров.....	32
2.1.1. Синтез люминофора, активированного ионами серебра.....	32
2.1.2. Синтез люминофора, активированного ионами лантана.....	33
2.2. Исследование люминесценции полученных люминофоров.....	35
2.3. Гравиметрическое определение содержания ионов серебра в люминофоре состава ZnO:Ag.....	36
2.4. Флуориметрическое определение ионов серебра.....	38
3. Результаты и их обсуждение.....	41
3.1. Твердофазный синтез люминофоров.....	41
3.2. Исследование люминесцентных свойств.....	42
3.3. Гравиметрическое определение ионов серебра.....	44
3.4. Флуориметрическое определение концентрации иона-активатора....	45
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	49

4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	49
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	49
4.1.2 Технология QuaD	51
4.1.3 SWOT-анализ	53
4.2. Планирование научно-исследовательских работ	56
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	56
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	57
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	60
4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	63
4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	63
4.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	64
4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы	66
4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы	67
4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	67
4.3.6 Контрагентные расходы	68
4.3.7. Накладные расходы	69
4.3.8. Прочие прямые затраты	69
4.3.9. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	70
4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	71
4.5. Выводы по разделу	74
5. Социальная ответственность	76
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	77
5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	77
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	79
5.2 Производственная безопасность	80
5.2.1. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды.....	82
5.2.2. Повышенный уровень шума и вибрации	83

5.2.3. Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны	84
5.2.4. Производственные факторы, связанные с электрическим током....	86
5.2.5. Негативное воздействие химических веществ	87
5.3. Экологическая безопасность.....	88
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	89
5.5. Выводы по разделу.....	91
Заключение	92
Список использованных источников	93

Введение

Флуоресцентные краски, светящиеся под действием ультрафиолетового излучения, используются во многих сферах деятельности человека: они применяются при нанесении дорожных разметок, при маркировке оборудования и материалов, используются в искусстве, дизайне и т.д.

Люминесцентные свойства таких покрытий обусловлены наличием в их составе специальных компонентов – люминофоров, способных преобразовывать получаемую извне энергию в видимый свет. В качестве таких компонентов используются органические вещества – полимеры различных составов (полиэпоксиды, поливинилхлориды и другие) и неорганические – кристаллофосфоры. Последние обладают значительными преимуществами: высокая химическая, термическая устойчивость и износостойкость.

Цвет и интенсивность свечения таких соединений напрямую зависит от их состава, поэтому для получения материалов с заданными свойствами необходимо осуществить грамотный подбор основы (матрицы) и активирующей примеси.

Перспективными приемниками и источниками света в ультрафиолетовой и синей областях спектра являются широкозонные полупроводники, среди которых нитрид галлия, сульфид цинка и другие, которые в настоящее время активно исследуются. Наибольший интерес представляет оксид цинка, обладающий прекрасными оптическими и люминесцентными свойствами благодаря своей структуре: данное соединение, обладает собственной люминесценцией в видимой области спектра при возбуждении ультрафиолетовым излучением.

Целью данной работы является разработка флуоресцирующего материала на основе матрицы из оксида цинка.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- Выбор метода синтеза и получение люминофоров различного состава на основе оксида цинка;
- Количественное определение активирующей примеси в люминофоре для установления точного состава полученных соединений;
- Исследование люминесцентных свойств полученных люминофоров;
- Выявление состава материала, обладающего наилучшими характеристиками.

Решение поставленных задач позволит создать материал, отвечающий заданным требованиям и обладающий необходимыми свойствами, соответствующими области его применения.

1. Литературный обзор

1.1. Явление люминесценции

Люминесценция – это неравновесное излучение, представляющее собой избыток над тепловым излучением тела и обладающее конечной длительностью примерно 10^{-10} секунд и больше [1].

Свечение лампочки накаливания или солнца, отражение света и его рассеяние люминесценцией не являются, так как длительность данных явлений меньше колебания световой волны.

Как известно, испускание кванта света происходит вследствие перехода электрона с более высокого энергетического уровня на более низкий. Тепловое свечение возникает при равновесном распределении электронов по уровням энергии, интенсивность и спектральный состав свечения определяются температурой. Энергия квантов видимого излучения составляет 1,6-3,0 эВ [1]. Поэтому для получения интенсивного свечения в данной области спектра вещество необходимо нагреть до крайне высокой температуры, достигающей тысяч градусов.

Люминесценция, в отличие от теплового излучения, возможна и при относительно низких температурах. Для этого необходимо перевести систему в неравновесное возбужденное состояние, т.е. такое, при котором число электронов на верхних энергетических уровнях превышает равновесное количество. Это достигается путём передачи энергии извне: система возбуждается с помощью ультрафиолетового, рентгеновского излучений или потока электронов.

Люминесцировать могут вещества во всех агрегатных состояниях: жидкости, газы и твердые вещества, а также независимо от природы: как органические вещества (бензол, ароматические соединения, некоторые

красители), так и неорганические (оксиды, соли, соединения редкоземельных элементов и многие другие).

Единой классификации для люминесценции нет, данное явление классифицируется по ряду признаков.

По длительности излучения выделяют:

- Флюоресценцию, которая затухает быстро ($10^{-9} - 10^{-1}$ с);
- Фосфоресценцию, которая имеет более длинный период послесвечения ($10^{-1} - 1,5 \cdot 10^5$ с).

Также данное явление характеризуется природой энергии возбуждения. Классификация по данному признаку представлена в таблице 1.1 [2].

Таблица 1.1 – Классификация по природе энергии возбуждения

Вид люминесценции	Природа энергии возбуждения
Фотолюминесценция	УФ, видимое излучение
Рентгенолюминесценция	Рентгеновское излучение
Катодолюминесценция	Кинетическая энергия электронов
Электролюминесценция	Энергия электрического поля
Радиолюминесценция	Энергия α -, β -, γ -лучей, ионов
Хемилюминесценция	Энергия биохимической реакции
Биолюминесценция	Биолюминесценция
Термолюминесценция	Тепловая энергия
Триболлюминесценция	Механическая энергия трения

На практике применяются только некоторые из видов люминесценции, описанных выше. В технике используется классификация люминофоров по способу возбуждения. По данному признаку люминофоры подразделяются на:

- Фотолюминофоры;
- Катодолюминофоры;
- Электролюминофоры;

- Рентгенолюминофоры;
- Радиоллюминофоры.

1.2. Неорганические люминофоры

В промышленности широкое применение нашли неорганические люминофоры, называемые также кристаллофосфорами. Кристаллофосфоры – это кристаллические вещества, состоящие из матрицы и небольшого количества сторонней примеси (активатора), ионы которого служат главной составной частью центров свечения.

Люминофоры, содержащие активирующие примеси, рассматривают как твердые растворы замещения. Введение активаторов обуславливает главное условие свечения кристаллофосфоров: наличие дефектов в кристаллической решетке основного вещества [1]. Акты люминесценции происходят в центрах свечения – локализованных участках кристалла, связанных с атомами активатора.

Примеси определяют как появление люминесцентных свойств, так и цвет свечения люминофоров. Спектры люминесценции зависят от природы и концентрации активатора. Введение такой примеси приводит чаще всего к появлению одной (иногда нескольких) характерной для него полосы.

Помимо усиления излучения и появления дополнительных полос, может наблюдаться снижение яркости свечения, называемое концентрационным тушением люминесценции, то есть учащением безызлучательных переходов. Причиной является образование центров тушения из центров свечения, окружение которых сильно меняется с возрастанием концентрации активатора: образуются более сложные центры свечения, состоящие из нескольких частиц активатора, происходит взаимодействие ионов активатора с вакансиями, дислокациями и другими дефектами [1]. Такие центры могут давать измененное свечение или не излучать вовсе.

1.3. Механизм возникновения люминесценции

При практическом использовании люминофоров необходимо учитывать механизмы их люминесценции. Независимо от вида люминесценции, процесс можно описать тремя основными стадиями [1]:

- Поглощение энергии возбуждения, в котором принимает участие весь кристалл или только центры свечения;
- Преобразование энергии внутри вещества, переход в неравновесное состояние;
- Испускание света и возвращение люминофора в равновесное состояние.

На протекание первых двух стадий оказывает влияние способ возбуждения люминесценции, а третья определяется в основном особенностями строения конкретного вещества и способ возбуждения практически не оказывает влияния.

Так как целью данной работы является разработка фотолюминесцентного материала, подробнее остановимся на механизме возникновения данного вида люминесценции.

В кристаллической решетке твердого тела есть две энергетические зоны: валентная, заполненная электронами, и зона проводимости, по которой электроны могут свободно перемещаться. Данные области разделены третьей – запрещенной зоной, ширина которой индивидуальна для каждого вещества. Введение ионов активатора в кристаллическую решетку люминофора способствует появлению новых энергетических уровней внутри запрещенной зоны.

Люминесценция бывает двух видов: внутрицентровая и рекомбинантная. Внутрицентровая люминесценция характерна для веществ с широкой запрещенной зоной, например, для галогенидов щелочных металлов. Её особенность состоит в том, что при введении активатора в структуру

люминофора в пределах запрещенной зоны происходит одновременное появление как основного (А), так и возбужденного (А*) уровней.

Упрощенная зонная схема, описывающая данный механизм люминесценции, представлена на рисунке 1 [3]. Акт люминесценции (поглощение энергии извне и испускание кванта света) происходит в пределах этих излучающих центров. Это наиболее простой, но менее распространенный вид люминесценции.



Рисунок 1 – зонная схема люминофора с внутрицентральной люминесценцией

Гораздо чаще встречается рекомбинантный механизм люминесценции. Характерным отличием данного вида люминесценции является ионизация центров свечения. При облучении кристаллофосфора электрон из валентной зоны переходит в зону проводимости, одновременно с этим ион активатора (А) отдает свой электрон в зону проводимости, образуя ионизированный центр свечения (А⁺). Свободный электрон перемещается по кристаллу, пока не встретится с другим ионизированным дефектом. Таким образом происходит восстановление первоначального иона активатора, а избыток энергии, при этом образовавшийся, излучается в виде света. Зонная схема для рекомбинантных люминофоров представлена на рисунке 2 [3].

Более длительное свечение обусловлено в данном случае наличием множества дефектов-ловушек, которые находятся близко к зоне проводимости и могут захватить электрон до его рекомбинации с ионизированными центрами. При этом электрон может сравнительно легко освободиться и снова перейти в зону проводимости. Этот процесс может происходить неоднократно.

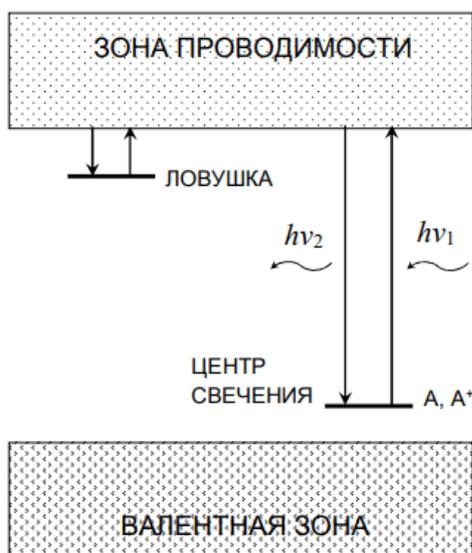


Рисунок 2 – зонная схема люминофоров полупроводникового типа

Помимо образования электронно-дырочных пар при поглощении света могут также образовываться экситоны – связанные системы электрона валентной зоны, не перешедшего в зону проводимости, и дырки. Эти квазичастицы также способны ионизировать центры свечения и приводить к возникновению люминесценции [4].

1.4. Требования к основам и активаторам люминофоров

В качестве основ для кристаллофосфоров традиционно используются многие неорганические соединения: халькогениды металлов II группы,

фосфаты, силикаты, оксиды, соединения РЗЭ и многие другие. С развитием науки распространились также люминофоры на основе алюминатов, боратов и других соединений.

При этом возможно создание многокомпонентных люминофоров, объединяющих вещества с различными спектральными характеристиками, что позволяет создавать материалы с уникальными свойствами.

Выбор основы обусловлен свойствами, которыми должен обладать новый люминесцентный материал, например:

- Люминофоры на основе сульфида цинка применяют в качестве фото-, катода, рентгено- и электролюминофоров;
- Фосфаты (например, фосфаты кальция и цинка) очень эффективно преобразуют рентгеновское и гамма-излучение в видимый свет;
- Силикаты являются основами для катодоллюминофоров с зеленым свечением;
- Оксиды металлов II, III и IV групп являются отличными фото- и катодоллюминофорами;
- Соединения РЗЭ используются в качестве основ при производстве катодоллюминофоров;

На свойства полученных материалов влияет не только их основа, но и выбранные в качестве активаторов легирующие добавки.

Так, например, в работе [5] наглядно показано, как природа активатора влияет на излучение твердого раствора сульфидов кадмия и цинка: введение марганца обуславливает возникновение оранжевой люминесценции, серебра – зеленой, а меди – желтой. Совместное введение данных компонентов в различных соотношениях позволяет получить белое и красное свечение.

В качестве активирующих добавок используют редкоземельные металлы (например, лантаноиды), а также такие элементы, как медь, серебро, марганец, висмут, никель и другие.

Таким образом, грамотный подбор основы и активаторов для синтезируемого люминофора ведет к получению материала с заданными свойствами.

1.5. Известные методы синтеза порошковых люминофоров

На сегодняшний день существуют различные способы синтеза порошковых материалов, в частности люминофоров, такие как: твердофазный синтез, золь-гель метод, самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), химическое осаждение и другие. Выбор метода синтеза порошкового соединения оказывает влияние на его физические, химические свойства и микроструктуру.

В данном разделе будут рассмотрены некоторые наиболее распространенные методы синтеза порошковых люминофоров.

1.5.1. Метод твердофазного синтеза

Твердофазный синтез применяется для получения порошковых люминофоров наиболее часто. Преимуществом данного метода является простота его реализации.

Порошки исходных веществ смешивают в соответствии с необходимым стехиометрическим соотношением. Следующим шагом получают гомогенную смесь компонентов, тщательно смешивая их или получая водную суспензию. Полученную смесь прокалывают при высокой температуре в течение длительного времени. Температура синтеза и время отжига зависят от индивидуальных особенностей исходных веществ. Полученный порошок измельчают до микродисперсного состояния.

1.5.2. Золь-гель синтез

Золь-гель синтез реализуется при относительно низких температурах в процессе жидкофазной реакции. Исходными веществами чаще всего выступают неорганические соли или алкооксиды металлов. Данные вещества вступают в реакцию с растворителем, например, водой. На первой стадии процесса реакции гидролиза или поликонденсации, протекающие в системе, приводят к образованию коллоидного раствора – золя. Следующей стадией является образование геля, которое достигается дестабилизацией коллоидного раствора вследствие изменения внешних условий, например, уровня pH. Продолжительность перехода из золя в гель определяется условиями процесса и может составлять от нескольких секунд до многих месяцев [6].

Полученный гель сушат, чтобы удалить растворитель, при необходимости диспергируют и прокаливают. В результате получают порошки высокой чистоты с однородным фазовым составом, что является одним из преимуществ данной методики синтеза. Однако метод имеет и ряд недостатков, среди которых сложность контроля протекания реакции и высокая степень агломерации порошков в процессе прокаливания.

1.5.3. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез – это процесс получения твердых материалов, основанный на проведении экзотермической реакции взаимодействия исходных реагентов в форме горения [7].

Горение в данном случае является не обычным окислением веществ кислородом с образованием соответствующих оксидов, а сильно экзотермической реакцией взаимодействия порошкообразных реагентов между собой или с жидкими (газообразными) реагентами с образованием твердых соединений.

В данном методе исходные вещества практически всегда используются в порошкообразном виде. В смеси порошков-реагентов локально инициируется экзотермическая реакция синтеза. Выделившееся в результате реакции тепло нагревает соседние слои вещества и возбуждает в них химическую реакцию, поэтому данный метод и назван самораспространяющимся.

1.5.4. Микроволновый синтез.

При реализации данного метода нагрев исходных веществ до необходимых температур происходит с помощью микроволнового излучения. Данный метод позволяет сократить время реакции и минимизировать чрезмерный рост и агломерацию зёрен. Недостатком метода является ограниченность применения: его можно использовать только для синтеза диэлектрических материалов. Это объясняется тем, что в случае проводящих материалов нагрев реакционной смеси, а значит и синтез, не будет протекать в полной мере.

1.5.5. Гидротермальный синтез

Данный метод основан на том, что нерастворимые при обычных условиях вещества способны растворяться в воде при высоких температурах (100-400 °С) и давлении (до 100 МПа). При данных условиях активируются реакции гидротермального окисления и разложения, поэтому этот метод подходит для получения оксидных частиц. Синтез проводят в специальных автоклавах, герметичных и коррозионностойких. К недостаткам метода можно отнести специфичность и дороговизну оборудования.

1.6. Известные методы анализа люминофоров

1.6.1. Анализ люминесцентных свойств

Для анализа оптических свойств люминофоров применяется метод люминесцентной спектроскопии, основанный на получении спектров излучения и возбуждения исследуемых соединений.

Спектры люминесценции представляют собой распределение энергии излучения по частотам или длинам волн. Измерение абсолютных энергетических величин на практике является очень сложной задачей, поэтому интенсивность излучения чаще всего представлена в относительных единицах. Интенсивность излучения пропорциональна энергетическим характеристикам излучения, таким как мощность, поток и другие. [8].

Спектр возбуждения характеризует эффективность возбуждения люминесценции исследуемого образца различными длинами волн и представляет собой зависимость интенсивности излучения от длины волны возбуждения. Запись такого спектра происходит при постоянной длине волны регистрации и изменении длины волны возбуждающего света.

Для изучения люминесценции создано множество методов и приборов. Общими узлами для таких приборов являются источник возбуждения люминесценции и приёмник излучения для её регистрации. Для выделения длины волны возбуждения из спектра излучения источника и отделения люминесценции от рассеянного света используются различные монохроматоры и светофильтры [8].

1.6.2. Исследование структуры и состава

1.6.2.1. Рентгеноспектральный анализ

Данный метод может быть использован для качественного и количественного анализа люминофоров. Качественный анализ применяется, когда неизвестен состав объекта и позже используется для количественного анализа. Последний позволяет определить, в каких соотношениях находятся элементы, образующие исследуемое соединение. В результате рентгеноспектрального анализа может быть получена химическая формула вещества или процентное содержание каждого отдельного элемента.

Принцип работы приборов, применяемых для рентгенофлуоресцентного анализа, основан на облучении объекта исследования первичным рентгеновским излучением, источником которого является рентгеновская трубка, в результате чего само вещество начинает флуоресцировать в рентгеновском диапазоне [9]. Атомы каждого элемента имеют характерные для них спектральные линии, поэтому полученные спектры вторичного излучения отражают элементный состав анализируемого вещества. Наличие характеристических линий в спектре говорит о присутствии или отсутствии соответствующего химического элемента в составе, а яркость этих линий в свою очередь является количественной характеристикой.

1.6.2.2. Рентгенофазовый анализ

Рентгенофазовый анализ основан на определении химического состава пробы на основании порошковой рентгеновской дифракции. Данный анализ позволяет идентифицировать различные фазы в их смеси. Определение вещества в смеси осуществляется по набору его межплоскостных расстояний и относительным интенсивностям полученных линий на рентгенограмме [10].

Данный метод основан на том, что каждое кристаллическое вещество имеет специфическую интерференционную картину с характерным количеством, расположением и интенсивностью интерференционных линий, определяемых природой и расположением атомов в образце. Практически

невозможно существование двух веществ, которые обладали бы идентичной кристаллической структурой, поэтому получаемые рентгенограммы индивидуальны для каждого вещества. При анализе смеси каждое отдельное вещество даёт независимую картину рентгеновской дифракции, поэтому рентгенограмма смеси фактически является суммой рентгенограмм её компонентов.

Достоинствами данного метода являются высокая достоверность, а также то, что метод является прямым, то есть не основан на сравнении с эталонами, а непосредственно указывает на кристаллическую структуру вещества. Кроме того, анализ проводится без разрушения пробы. К недостаткам можно отнести относительно высокий нижний предел обнаружения и сложность расшифровки рентгенограмм веществ, у которых происходит наложение пиков.

1.6.2.3. Микроскопический анализ

Так как на свойства люминофора влияют форма, однородность и размер частиц порошка, необходимо исследовать морфологию его частиц. Для данной цели используется микроскопический метод анализа.

1.7. Обоснование выбора основы люминофора

В связи с растущей необходимостью в твердотельных источниках и приемниках света в ультрафиолетовой и синей областях спектра, активно исследуются широкозонные полупроводники, наибольший интерес среди которых представляет оксид цинка.

Оксид цинка как полупроводник с большой шириной запрещенной зоны ($E_g = 3,37 \text{ eV}$) обладает превосходными оптическими и люминесцентными

свойствами. Кроме того, данный материал обладает высокой химической, термической, а также радиационной стойкостью [11].

Оксид цинка может существовать в разнообразных формах: монокристаллах, нитях и пленках, иглах и т.д. Обычно кристаллизуется в гексагональную структуру вюрцита, которая представлена на рисунке 3 [12]. Каждый атом цинка в такой структуре окружен четырьмя атомами кислорода.

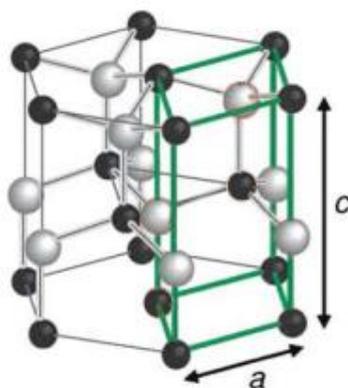


Рисунок 3 – Примитивная ячейка (жирные линии) и гексагональная призма вюрцитовой структуры оксида цинка: a , c – постоянные решетки, черные сферы – атомы цинка, белые – атомы кислорода.

Независимо от морфологии частиц обычно наблюдаются 2 полосы излучения: коротковолновая краевая люминесценция и широкая длинноволновая полоса, максимум которой лежит в зеленой области спектра.

При этом, как показано в работе [13], на люминесценцию оксида цинка оказывает влияние температура окружающей среды. Так, при температуре 50 К, наблюдается множество полос в ближней УФ и видимой области спектра. При повышении температуры до комнатной (около 300 К) из спектра исчезают многие полосы, однако сохраняется экситонная люминесценция, наибольшая интенсивность которой наблюдается в диапазоне от 381 до 387 нм.

Происхождение зеленой люминесценции связывают с такими центрами свечения, как: вакансии цинка и кислорода, межузельные ионы цинка и другие [12]. Единого мнения о механизме появления свечения в видимой области спектра до сих пор нет, несмотря на многочисленные исследования.

Автором работы [13] был получен спектр люминесценции образца оксида цинка, представленный на рисунке 4. Возбуждение люминесценции осуществлялось излучением с длиной волны 266 и 355 нм.

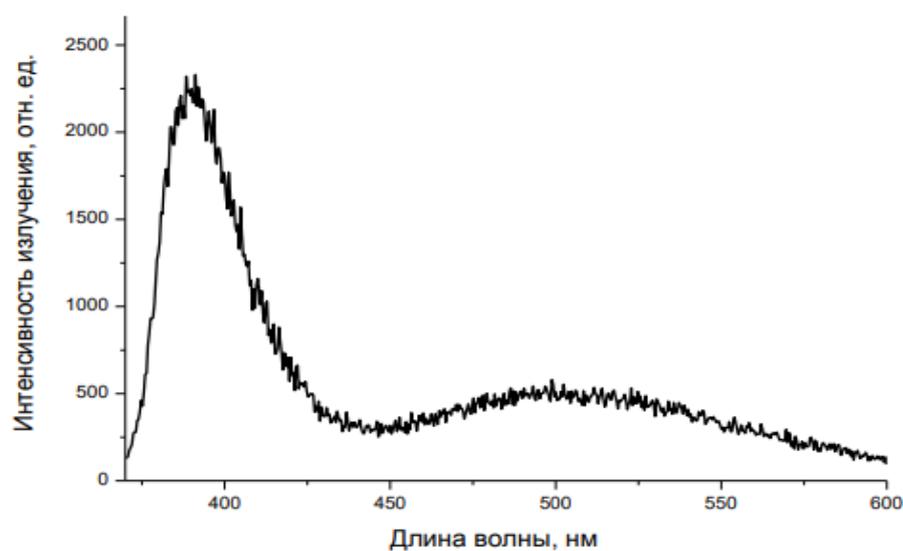


Рисунок 4 – спектр люминесценции оксида цинка

Таким образом, оксид цинка является перспективным материалом для создания на его основе фотолуминофоров, возбуждаемых ультрафиолетовым излучением.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе будет проведена оценка перспективности разработки, её коммерческого потенциала, а также планирование финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках научного исследования.

Для этого необходимо ответить на следующие вопросы: будет ли продукт востребован на рынке, каков бюджет научного исследования, какое время необходимо для внедрения разработки на рынок [18].

4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Целью данной работы является разработка нового флуоресцентного материала, обладающего заданными свойствами. Этот процесс включает в себя: подбор оптимального состава и исходных веществ, выбор метода синтеза и контроль качества готового продукта. Последний пункт предполагает разработку способа количественного определения активирующего компонента в конечном продукте.

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

На Российском рынке существует множество производителей осветительных приборов, люминесцентных красок для творчества, дизайна и других видов продукции, а производителей их главного сырья – люминофоров различного состава, на рынке не так много.

Для сегментирования рынка выберем 2 основных критерия: географическое положение и тип выпускаемой продукции организации-потребителя. На основании данных критериев строится карта сегментирования рынка, представленная в таблице 4.1.

Информация об основных конкурентах, поставляющих аналогичную продукцию и занимающих некоторые сегменты рынка, была найдена в сети Интернет [19].

Таблица 4.1 – карта сегментирования рынка услуг

		Географическое положение	
		Европейская часть РФ и Урал	Сибирь и Дальний Восток
Выпускаемая продукция	Люминесцентные светильники		
	Промышленные краски (дорожная разметка, здания, инвентарь)		
	Краски для дизайна и творчества		

Лидер Лайт	ЗАО НПФ Люминофор	Люминофор-синтез
		

Компания Лидер Лайт занимается производством и продажей люминесцентных светильников, а также люминофоров для их производства. Реализация товаров осуществляется через официальных дилеров и дистрибьюторов, которые расположены по всей России. Таким образом, данная компания обеспечивает своим товаром весь рынок.

ЗАО НПФ Люминофор и компания Люминофор-синтез расположены в Европейской части России (г. Ставрополь и г. Ульяновск). Реализацию продукции осуществляют в своих регионах или по заказу через интернет-магазин.

Таким образом, целевыми сегментами рынка для разработанного продукта являются производители люминесцентных красок для различных нужд, расположенные в восточной части России.

4.1.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

- Показатели оценки коммерческого потенциала разработки;
- Показатели оценки качества разработки.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{\text{ср}} = \sum B_i \cdot B_i,$$

где $П_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Данный критерий позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Разработка считается перспективной, если значение показателя находится в промежутке от 100 до 80, если от 79 до 60, то перспективность выше среднего. Значения от 69 до 40 говорят о средней перспективности. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Результаты оценки характеристик, описывающих качество разработки и её перспективность, представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – оценка качества и перспективности разработки

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (3x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Надежность	0,20	100	100	1	20,0
2. Безопасность	0,15	90	100	0,9	13,5
3. Материалоемкость	0,10	70	100	0,7	7,0
4. Унифицированность	0,05	50	100	0,5	2,5
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
5. Перспективность рынка	0,15	80	100	0,8	12,0
6. Конкурентоспособность	0,15	70	100	0,7	10,5
7. Цена	0,20	70	100	0,7	14,0
Итого	1				79,5

Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки оказалось равным 79,5. Разработка занимает пограничное положение между высокой перспективностью и перспективностью выше среднего. Таким образом, её реализация является целесообразной.

4.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта проводится SWOT-анализ. SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта и проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Сформированная матрица SWOT-анализа представлена в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – матрица SWOT-анализа

Сильные стороны (С)	Слабые стороны (Сл)
1. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями; 2. Высокое качество продукта и соответствие заявленным требованиям; 3. Наличие бюджетного финансирования.	1. Невысокие объемы производства; 2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой 3. Отсутствие возможности протестировать продукт в реальных условиях эксплуатации.
Возможности (В)	Угрозы (У)
1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; 2. Появление дополнительного спроса на новый продукт; 3. Повышение стоимости конкурентных разработок;	1. Появление более эффективных технологий у конкурентов; 2. Отсутствие спроса на новые технологии производства; 3. Рост цен на энергоресурсы и материалы – увеличение себестоимости;

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Для наглядного отображения построена интерактивная матрица проекта, представленная в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		С1	С2	С3
	B1	0	0	+
	B2	+	+	-
	B3	+	+	-
Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	0	+	+
	B2	+	0	-
	B3	-	-	0
Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		С1	С2	С3
	У1	+	+	-
	У2	+	+	-
	У3	+	-	+
Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	+	+
	У2	-	-	-
	У3	+	-	-

В результате анализа интерактивной матрицы проекта были определены следующие сильные коррелирующие стороны и возможности: В1С3, В2В3С1С2.

Корреляция возможностей и слабых сторон: В1Сл3, В2Сл1.

Корреляция сильных сторон и угроз: У1У2С1С2, У3С1С3.

Корреляция слабых сторон и угроз: У1Сл3, У3Сл1.

На основании полученных данных в рамках третьего этапа построена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями;</p> <p>С2. Высокое качество продукта и соответствие заявленным требованиям;</p> <p>С3. Наличие бюджетного финансирования.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Невысокие объемы производства;</p> <p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл3. Отсутствие возможности протестировать продукт в реальных условиях эксплуатации</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт исследованиях</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>В1С3. Сохранение доступной для потребителя цены на разрабатываемый продукт;</p> <p>В2В3С1С2. Высокое качество и приемлемая цена являются благоприятными характеристиками в условиях растущего спроса и удорожания аналогов.</p>	<p>В1Сл3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ в будущем может дать возможность осуществления новых испытаний готового продукта для оценки его качества;</p> <p>В2Сл1. Невысокие объемы производства в условиях высокого спроса на продукцию гарантированно будут реализованы, а значит, прибыль будет максимальной.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление более эффективных технологий у конкурентов;</p> <p>У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства;</p> <p>У3. Рост цен на энергоресурсы и материалы – увеличение себестоимости;</p>	<p>У1У2С1С2. Высокое качество и низкая цена помогут найти своего потребителя и не потерять клиентов в условиях повышения конкуренции;</p> <p>У3С1С3. Рост цен на основные ресурсы компенсируется изначальным преимуществом в цене по сравнению с конкурентами.</p>	<p>У1Сл3. Отсутствие возможности протестировать продукт в реальных условиях может привести к невыявлению принципиальных недостатков и снижению конкурентоспособности.</p> <p>У3Сл1. Низкие объемы производства могут не компенсировать изменение цен на ресурсы, что может привести к необходимости повышения уровня стоимости единицы продукции.</p>

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование предполагаемых работ в рамках научного исследования включает в себя:

- Определение структуры работ;
- Определение участников каждого вида работ;
- Установление продолжительности работ;
- Построение графика работ.

В данном разделе будут рассмотрены перечень этапов и работ в рамках научного исследования, а также проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ представлен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, Инженер
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований, ознакомление с текущим уровнем проработки данной темы	Руководитель, Инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, Инженер
	4	Выбор методики синтеза. Подбор оптимального состава люминофора и исходных веществ.	Руководитель, Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение синтеза и лабораторных исследований полученных соединений	Инженер
	6	Проведение расчетов, построение математических зависимостей на основании экспериментальных данных	Инженер

	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Инженер
	9	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, Инженер
<i>Проведение ВКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	10	Оценка коммерческого потенциала и перспективности НИР	Инженер
	11	Оценка социальной направленности работы.	Инженер
Оформление комплекта документации по ВКР	12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер
	13	Рецензирование	Руководитель
Защита ВКР	14	Презентация и защита ВКР	Инженер

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Для оценки стоимости разработки необходимо знать её трудовые затраты, для этого определим трудоемкость работ каждого участника научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{C_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

C_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для последующего построения календарного графика длительность каждого этапа необходимо перевести из рабочих дней в календарные. Расчет осуществляется по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности учитывает количество нерабочих дней, входящих в данный период и определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности с учетом шестидневной рабочей недели составит:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Временные показатели проведения научного исследования представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{\text{ожг}}$, чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	Р	1,8	2
				И	1,8	2
Выбор направления исследований, ознакомление с текущим уровнем проработки данной темы	2	5	3,2	Р	3,2	4
				И	3,2	4
Подбор и изучение материалов по теме	10	14	11,6	Р	11,6	14
				И	11,6	14
Выбор методики синтеза. Подбор оптимального состава люминофора и исходных веществ.	5	7	5,8	Р	5,8	7
				И	5,8	7
Проведение синтеза и исследований полученных соединений	14	20	16,4	И	16,4	20

Проведение расчетов, построение математических зависимостей на основании экспериментальных данных	5	10	7	И	7	9
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	3	5	3,8	Р	3,8	5
				И	3,8	5
Оценка эффективности полученных результатов	3	5	3,8	Р	3,8	5
				И	3,8	5
Определение целесообразности проведения ВКР	2	4	2,8	Р	2,8	3
				И	2,8	3
Оценка социальной направленности работы	10	14	11,6	И	11,6	14
Оценка коммерческого потенциала и перспективности НИР	10	14	11,6	И	11,6	14
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	14	20	16,4	И	16,4	20
Рецензирование	2	5	3,2	Р	3,2	4
ИТОГО				Р	36,0	44
				И	95,8	117

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

На основе полученных данных построен календарный план-график проведения НИОКР, представленный в таблице 4.8. Для упрощения восприятия месяцы разделены на декады.

Таблица 4.8 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.			март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель Инженер	2 2	■													
2	Выбор направления исследований, ознакомление с текущим уровнем проработки данной темы	Руководитель Инженер	4 4	■													
3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель Инженер	14 14		■	■											
4	Выбор методики синтеза. Подбор оптимального состава люминофора и исходных веществ.	Руководитель Инженер	7 7			■											
6	Проведение синтеза и лабораторных исследований полученных соединений	Инженер	20				■	■	■								
7	Проведение расчетов, построение математических зависимостей на основании	Инженер	9							■							

4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных работ;
- основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi},$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию ;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принятый равным 20 %.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Материальные затраты

Наименование	Ед. измерения	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп 1	Исп 2	Исп 3		Исп 1	Исп 2	Исп 3
Тигель фарфоровый	шт	3	3	10	210,00	630,0	630,0	630,0
Окись цинка (ХЧ) ГОСТ 10262-73	г	10	10	10	0,76	7,6	7,6	7,6
Ацетат Лантана	г	0,307	0,307	0,307	14,90	4,6	4,6	4,6
Нитрат серебра	г	0,215	0,215	0,215	135,00	29,0	29,0	29,0
Ацетон (ОСЧ)	л	0,4	0,4	0,4	347,00	138,8	138,8	138,8
Соляная кислота	л	0,01	-	-	213,84	2,14	-	-
Уксусная кислота	л	0,01	-	-	255,48	2,6	-	-
Итого						977,64	972,0	972,0

4.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ. Стоимость оборудования, имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Сумма амортизационных отчислений определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{N_A \cdot \Phi}{12} \cdot m,$$

где N_A – норма амортизации, Φ – стоимость единицы оборудования, m – фактический срок использования, мес.

Затраты, связанные с приобретением и эксплуатацией специального оборудования, необходимого для проведения исследования, представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – амортизация оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц, шт	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.	Срок эксплуатации, лет	Время использования, мес.	Амортизация, руб
1.	Весы аналитические ACCULAB ALC 210 (класс точности 0,0001г, Россия)	1	77 220,00	77 220,00	7	3	2 757,86
2.	Печь муфельная СНОЛ 3-10	1	42 200,00	42 200,00	7	1	502,38
3.	Оптоволоконный спектрометр Avantes AvaSpec-2048	1	99 645,00	99 645,00	10	1	830,38
4.	АНАЛИЗАТОР ЖИДКОСТИ «ФЛЮОРАТ-02-ПАНОРАМА»	1	1 012 680,00	1 012 680,00	10	2	16 878,00
5.	Персональный компьютер	1	49 290,00	49 290,00	5	2	1 643,00
6.	Магнитная мешалка ЭКРОС-6110 с подогревом	1	10 144,00	10 144,00	-	-	10 144,0
Итого:							32 755,62

4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) исполнителя 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 работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника определяется по формуле:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p,$$

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_d – коэффициент доплат и надбавок, принят равным 0,2;

k_p – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Расчет основной заработной платы работников представлен в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	39 300	0,3	0,2	1,3	76 635	2674,5	36,0	96 282,0
Инженер	20 064	0,3	-	1,3	33 908	1183,4	95,8	113 369,7

4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Расчет дополнительной заработной платы для руководителя и инженера:

$$Z_{доп.рук.} = 0,15 \cdot 96\,282 = 14\,442,3 \text{ руб.}$$

$$Z_{доп.инж.} = 0,15 \cdot 113\,369,7 = 17\,005,5 \text{ руб.}$$

4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

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

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Затраты на отчисление во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	96 282,0	113 369,7
Дополнительная заработная плата, руб.	14 442,3	17 005,5
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого	33 217,3	39 112,6

4.3.6 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками), т.е.:

1) Работы и услуги производственного характера, выполняемые сторонними предприятиями и организациями.

2) Работы, выполняемые другими учреждениями, предприятиями и организациями по контрагентским договорам на создание научно-технической продукции, головным исполнителем которых является данная научная организация.

Затраты на контрагентские услуги представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – затраты на контрагентские услуги

Наименование услуги	Цена, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Количественно химический анализ нейтронно-активационным методом (1 элемент-определение)	-	500,00	-
Рентгенофазовый анализ	-	-	4500,00

4.3.7. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, принятый равным 16 %.

$$Z_{\text{накл. исп.1}} = (977,6 + 32\,755,62 + 209\,651,7 + 31\,447,8 + 72\,329,9) \cdot 0,16 = 55\,546,0 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{накл. исп.2}} = (972,0 + 32\,755,62 + 209\,651,7 + 31\,447,8 + 72\,329,9 + 500,0) \cdot 0,16 \\ = 55\,626,0 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{накл. исп.3}} = (972,0 + 32\,755,62 + 209\,651,7 + 31\,447,8 + 72\,329,9 + 4\,500,0) \cdot 0,16 \\ = 56\,266,0 \text{ руб.}$$

4.3.8. Прочие прямые затраты

В данную статью расходов включены затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием. Расчет проводится с учетом того, что стоимость 1 кВт/час – составляет 5,8 руб.

Затраты на электроэнергию представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Мощность, Вт	Время работы, ч	Стоимость 1 кВт/час, руб.	Затраты на электроэнергию, руб.
Печь муфельная СНОЛ 3-10	1,8	18	5,8	0,19
Оптоволоконный спектрометр Avantes AvaSpec-2048	40	3		0,69
АНАЛИЗАТОР ЖИДКОСТИ «ФЛЮОРАТ-02-ПАНОРАМА»	40	30		6,96

Персональный компьютер	70	100		40,6
Магнитная мешалка ЭКРОС-6110 с подогревом	40	12		2,78
Весы аналитические ACCULAB ALC 210 (класс точности 0,0001г, Россия)	11	1		0,06
ИТОГО				51,6

4.3.9. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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.

Предложено 3 варианта исполнения проекта, основное отличие которых состоит в методе определения активирующей примеси в люминофоре: первый вариант, принятый основным в данной работе, предполагает определение гравиметрическим методом в условиях лаборатории. Второй и третий варианты исполнения заключаются в определении примеси нейтронно-активационным и рентгенофазовым методами соответственно, что предполагает обращение к услугам сторонних организаций (контрагентные расходы).

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3

1. Материальные затраты НТИ	977,6	972,0	972,0
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	32 755,6	32 755,6	32 755,6
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	209 651,7	209 651,7	209 651,7
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	31 447,8	31 447,8	31 447,8
5. Отчисления во внебюджетные фонды	72 329,9	72 329,9	72 329,9
6. Затраты на научные и производственные командировки	-		
7. Контрагентские расходы	-	500,0	4 500,0
8. Накладные расходы	55 546,0	55 626,0	56 266,0
9. Прочие прямые затраты	51,6	51,6	51,6
10. Бюджет затрат НТИ	402 754,2	403 328,6	407 968,6

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Данный показатель определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получили, оценив бюджет трех вариантов исполнения данной разработки.

Таким образом, принимая бюджет третьего варианта исполнения проекта за максимальный, находим интегральный финансовый показатель разработки:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{402\,754,2}{407\,968,6} = 0,987$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{403\,328,6}{407\,968,6} = 0,989$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{407\,968,6}{407\,968,6} = 1$$

Ресурсоэффективность предлагаемой разработки оценивается путем вычисления интегрального показателя ресурсоэффективности. Расчет ведется по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

В качестве параметров сравнения выбрано пять свойств конечного продукта. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Соответствие требованиям потребителя	0,25	5	5	5
2. Материалоемкость	0,15	4	4	4
3. Надежность	0,20	5	5	5
4. Конечная стоимость	0,20	5	4	3
5. Способствует росту производительности труда	0,20	5	4	4
ИТОГО	1	4,65	4,45	4,25

Учитывая весовой коэффициент каждой характеристики и балльные оценки для каждого варианта исполнения провели расчет интегральных показателей ресурсоэффективности:

$$I_{p-исп1}=5*0,25+4*0,15+5*0,20+5*0,2+5*0,20=4,65;$$

$$I_{p-исп2}=5*0,25+4*0,15+5*0,20+4*0,2+4*0,20=4,45;$$

$$I_{p-исп3}=5*0,25+4*0,15+5*0,20+3*0,2+4*0,20=4,25.$$

На основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя проводится расчет интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) по следующей формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}$$

Для того, чтобы выбрать наиболее целесообразный вариант исполнения разработки, необходимо определить сравнительную эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}). Данный показатель определяется путем сравнения интегральных показателей эффективности вариантов исполнения и рассчитывается по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Проведено сравнение всех полученных показателей для трех вариантов исполнения разработки. Полученные данные приведены в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,987	0,988	1,000
2	Интегральный ресурсоэффективности показатель разработки	4,65	4,45	4,25
3	Интегральный показатель эффективности	4,71	4,50	4,25
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,00	0,96	0,90

По каждому из представленных показателей лидирует первый вариант исполнения разработки, что позволяет сделать вывод о том, что техническое решение, рассматриваемое в данной работе, является наиболее эффективным вариантом из предложенных.

4.5. Выводы по разделу

В данном разделе была проведена оценка перспективности разработки, её коммерческого потенциала, а также планирование финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках научного исследования.

Проведены сегментирование и анализ рынка, исследована конкурентоспособность разработки. С помощью SWOT-анализа проанализированы внешняя и внутренняя среда проекта, выявлены сильные и слабые стороны, угрозы и возможности.

Определены основные этапы работы, сформирован календарный план-график. Для каждого вида работ назначены исполнители.

Сформирован бюджет проекта с учетом всех возможных видов затрат, таких как: заработная плата сотрудников, материальные затраты, затраты на амортизацию оборудования и другие.

Проведена оценка эффективности различных вариантов исполнения разработки путем сравнения их интегральных показателей ресурсоэффективности и интегральных финансовых показателей, а также вычисления интегрального показателя эффективности. По каждому из представленных показателей лидирует вариант исполнения, принятый основным в данной работе.

В результате проведенной работы спроектирована и создана конкурентоспособная разработка, отвечающая современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

5. Социальная ответственность

Аннотация ВКР: разработка нового люминесцентного (флуоресцирующего) материала на основе матрицы из оксида цинка для маркирующих составов красок.

Люминесцентные материалы используются во многих областях деятельности человека: при создании красящих покрытий, дорожных разметок и знаков, в интерьере, творчестве и искусстве. Целью данной работы являлось создание материала, который может быть использован как флуоресцирующий компонент при создании маркировочных красок, светящихся в ультрафиолете. Синтезируемое соединение должно испускать свет в видимой области спектра при облучении ультрафиолетовым излучением. Для выявления оптимального состава получаемых люминофоров проводится анализ их люминесцентных свойств, а также количественное определение активатора. Известные методы определения примесей в порошковых люминофорах, такие как рентгенофазовый и рентгенофлуоресцентный анализы, являются дорогостоящими и требуют специфического оборудования. Для селективного определения ионов серебра в образцах предложено 2 метода: гравиметрический и спектрофлуориметрический. Предложенный способ позволяет быстро и точно определить содержание активатора в условиях исследовательской лаборатории.

Представленное исследование проводилось в двух помещениях: лабораториях № 201А и № 214 второго корпуса ТПУ по адресу: Проспект Ленина, 43а. Площадь данных помещений составляет 23,5 и 19,5 м² соответственно. При работе осуществлялся контакт с химическими реактивами различного класса опасности. Кроме того, работник лаборатории может подвергаться воздействию опасных и вредных факторов, обусловленных работой оборудования.

В данном разделе обсуждаются вопросы безопасных условий труда, экологии, а также рассматриваются потенциально вредные факторы при выполнении экспериментальных и аналитических работ.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данном подразделе рассматриваются специальные правовые нормы трудового законодательства. Основой законодательного обеспечения безопасности является Конституция Российской Федерации, в которой базовой статьей является статья 37 о свободном труде и о труде в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены [21].

На основании Трудового кодекса Российской Федерации указываются следующие особенности: установленные права и обязанности работодателей и работников в отношении охраны труда, исполнение которых контролируется специальными государственными органами и инспекциями [22].

5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

В соответствии с Федеральным законом от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 30.12.2020) «О специальной оценке условий труда» работники химических и аналитических лабораторий по степени вредности относятся к 2-ой (допустимой) и 3-ей (вредной) категории подкатегории 1, в которых подразумевается:

- в первом случае уровень воздействия опасных производственных факторов не превышает установленных гигиеническими нормативами норм, а состояние организма восстанавливается во время отдыха или к началу следующего рабочего дня;
- во втором случае условия труда имеют завышающие уровни опасных факторов, установленных нормативами, и относятся к 1-ой степени

вредности, которая подразумевает, что после воздействия опасных производственных факторов измененное состояние организма восстанавливается при более длительном, чем в первом случае, времени, а риск повреждения здоровья увеличивается.

Согласно специальной оценке условий труда для третьего класса вредности первого подкласса предусматриваются [23-26]:

- компенсационные выплаты;
- сокращение числа рабочих часов в неделю до 36;
- добавочные выплаты за негативные факторы в размере 4 % от оклада работника;
- возможность выхода на пенсию, ранее установленного федеральным законом N 350-ФЗ от 3 октября 2018 года возраста при условии, если контакт с опасным фактором составляет 80 % времени трудящегося, а стаж на месте более 12 лет;
- медицинские осмотры в соответствии с приказом Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н (ред. от 18.05.2020);
- предоставление молока и/или молочной продукции;
- страхование жизни и здоровья в соответствии с Федеральным законом «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24.07.1998;
- средства индивидуальной защиты (СИЗ): спецодежда, обувь, перчатки, респираторы, средства дезинфекции.

Поскольку первый подкласс третьего класса опасности относится к вредным, законодательством запрещено привлечение к труду несовершеннолетних лиц, беременных сотрудников и инвалидов I и II группы.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Исследовательская работа включает в себя как работу в положении стоя (приготовление растворов и взвешивание веществ), так и в положении сидя (снятие показаний с приборов), поэтому место проведения исследований должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ 12.2.033-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».

Конструкция рабочего места должна обеспечивать выполнение необходимых в работе операций в пределах зоны досягаемости моторного поля человека, а также учитывать его антропометрические данные, физиологические и психологические требования.

Работы, проводимые в положении сидя, относятся к легким. Для них регламентирована высота рабочей поверхности 700 мм для женщин, 750 мм для мужчин и 725 мм в среднем. Высота сиденья составляет 400 мм, 430 мм и 420 мм соответственно. Органы управления размещают так, чтобы исключить перекрещивание рук входе работы, располагая наиболее используемые предметы и органы управления в ближнем поле зрения. Средства отображения информации требуется располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда или в горизонтальной плоскости под тем же углом от сагиттальной плоскости [27].

Работы в положении стоя также относят к легким. Высота рабочей поверхности должна составлять 990 мм для женщин, 1060 мм для мужчин и 1025 мм для мужчин и женщин. Органы управления и предметы располагают аналогичным образом, что и для положения сидя [28].

Помимо вышперечисленных требований по организации рабочего места, должны быть предусмотрены необходимые средства защиты работника

от воздействия вредных производственных факторов в соответствии с системой стандартов безопасности труда по ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы», а также условия для экстренной эвакуации сотрудника с рабочего места.

К самостоятельной работе допускаются работники не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр, вводный инструктаж по охране труда и пожарной безопасности, инструктаж по электробезопасности, первичный инструктаж на рабочем месте, обучение безопасным приемам и методам труда по основной профессии, стажировку под руководством опытного работника и проверку знаний требований охраны труда.

5.2 Производственная безопасность

При проведении научно-исследовательских работ работник может подвергаться воздействию комплекса неблагоприятных факторов, установленных в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015.

Опасные и вредные факторы, которые могут оказывать воздействие на работника в процессе исследовательской работы, представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы в лаборатории

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [29].
2. Повышенный уровень шума и вибрации	СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки [30].

	СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий [31].
3. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий [32].
4. Производственные факторы, связанные с электрическим током	Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ)/ Главгосэнергонадзор России. М.: Изд-во ЗАО «Энергосервис», 2007. 610 с. [33]. ГОСТ 12.1.019 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [34].
5. Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия	ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения) [35]. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [36].

Такие факторы, как аномальные микроклиматические параметры, шум и электрический ток, создаются физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды, в то время как органические вещества и растворители разного класса опасности относятся к группе, порождаемой химическими и физико-химическими свойствами находящихся в рабочей зоне веществ и материалов. Рассмотрим более подробно каждый из них.

5.2.1. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды

Микроклимат производственных лабораторий – это климат внутренней среды, которая определяется действующими на организм человека сочетаниями таких параметров, как температура, влажность, скорость движения воздуха, а также в некоторых случаях интенсивность теплового излучения от нагреваемых поверхностей. Несоответствие этих факторов оптимальным микроклиматическим условиям в долгосрочной перспективе может привести к профессиональным заболеваниям.

Значения показателей микроклимата в лаборатории должны соответствовать СанПиН 1.2.3685-21.

По степени тяжести выполняемую работу можно отнести к легкой категории Ib [29]. К данной категории относятся следующие виды работ: взвешивание на аналитических весах, снятие показателей с прибора, работа на электрической плитке, поиск необходимых реактивов и приготовление растворов. Для данной категории: в холодный период оптимальная температура составляет 21-23 °С, допустимая с непостоянным рабочим местом – 17-25 °С; в теплый период оптимальная температура составляет 22-24 °С, допустимая с непостоянным рабочим местом – 19-30 °С. Оптимальная влажность для обоих периодов составляет 15-75 %, а допустимая в холодный период не более 75 %, в теплый – не более 15 %.

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2 °С и выходить за пределы допустимых величин.

Условия труда в лаборатории по показателям микроклимата соответствуют допустимым.

5.2.2. Повышенный уровень шума и вибрации

Поскольку большинство машин и инструментов производят шум, рабочий, подвергающийся воздействию вибрации, одновременно подвергается и воздействию шума. Данное исследование проводилось с помощью спектрофлуориметра и компьютера, являющимися источниками шума и вибрации.

СН 2.2.4/2.1.8.566–96 устанавливают классификацию, нормируемые параметры, предельно допустимые значения производственных вибраций, допустимые значения вибраций в жилых и общественных зданиях.

В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562–96 допустимым уровнем шума на местах, где проводится высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, измерительных и аналитических работ, уровень звука должен составлять не более 60 дБА. Для установления предельно допустимых шумовых характеристик машин в соответствии с допустимым уровнем шума на рабочем месте используют ГОСТ 12.1.023-2014, в котором описаны методы, порядок внесения и контроль шумовых характеристик.

При эксплуатации приборов для снижения вредного воздействия повышенного уровня шума на работающих применяются:

- уменьшение шума машин в источнике его образования;
- строительно-акустические мероприятия;
- дистанционное управление;
- организационные мероприятия (рациональные режимы труда и отдыха, сокращение времени пребывания работников в условиях воздействия шума, лечебно-профилактические и другие мероприятия).

Для устранения вредного воздействия вибрации на работающих применяются следующие мероприятия:

- снижение вибрации в источнике ее образования конструктивными или технологическими мерами;

- уменьшение вибрации на пути ее распространения средствами виброизоляции и вибропоглощения;
- дистанционное управление;
- средства индивидуальной защиты;
- организационные мероприятия (рациональные режимы труда и отдыха, лечебно-профилактические и другие мероприятия).

Условия труда по шумовому фактору и вибрации соответствуют допустимым, согласно СН 2.2.4/2.1.8.562–96 и СН 2.2.4/2.1.8.566–96.

5.2.3. Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны

Исследование проводилось в лаборатории, расположенной в аудитории № 214 учебного корпуса №2 НИ ТПУ, оснащенной совмещенным общим искусственным и боковым естественным освещением.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03, лаборатория, в которой проводятся работы, относится к I группе помещений по задачам зрительной работы, в которых производится различение объектов зрительной работы, при фиксированном направлении линии зрения работающих на рабочую поверхность, а именно взвешивание малых количеств веществ и т.д.

Для аналитических лабораторий установлены значения КЕО $e_n = 4,0 \%$ при естественном освещении, КЕО $e_n = 2,4 \%$ при совмещенном (верхнем или комбинированном) освещении. Освещенность для искусственного общего освещения должна составлять 500 лк. При этом показатель дискомфорта не должен превышать 40 М, а коэффициент пульсации освещенности не должен превышать 10 % [32].

Проведение работ в рамках данного исследования сопряжено также с работой за персональным компьютером. Согласно 4 разделу СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03, эксплуатировать ПЭВМ в помещениях, в которых отсутствует естественное освещение, возможно только при наличии

соответствующих расчётов, обосновывающих соответствие нормам освещения и безопасность их деятельности для здоровья работников. В противном случае, естественное и искусственное освещение должно соответствовать действующей нормативной документации.

Основные нормируемые показатели по СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Нормируемые показатели освещения.

Показатель	Значение
Освещённость на поверхности стола	300–500 лк
Освещённость поверхности экрана	не более 300 лк
Яркость светящихся поверхностей, находящихся в поле зрения	не более 200 кд/м ²
Яркость бликов на экране ПЭВМ	не более 40 кд/м ²
Яркость потолка	не более 200 кд/м ²
Яркость светильников в зоне углов излучения от 50 до 90°	не более 200 кд/м ²
Коэффициент запаса (Кз) для осветительных установок общего освещения	1,4
Коэффициент пульсации	не более 5 %

Для общего освещения необходимо использовать светодиодные светильники. При использовании люминесцентных ламп улучшенной цветопередачи допускается снизить приведенные нормы освещенности на одну ступень.

Условия труда по световому фактору в лаборатории соответствуют допустимым согласно СОУТ ТПУ в 2022 году.

5.2.4. Производственные факторы, связанные с электрическим током

Согласно ПУЭ, класс помещения по опасности поражения током – 1 (без повышенной опасности), т.к. лаборатория – это сухое, беспыльное помещение с нормальной температурой воздуха и с изолирующими полами, т.е. в которых отсутствуют условия, свойственные помещениям с повышенной опасностью и особо опасным [33].

Исследование проводилось с помощью таких электроприборов, как электрическая плитка, компьютер, УФ-спектрофотометр, представляющих потенциальную угрозу электротравмы. Питающее напряжение 220/380 В.

Электробезопасность должна обеспечиваться выполнением мероприятий по соблюдению безопасного расстояния до токоведущих частей, их изоляции, по применению блокировки аппаратов, ограждающих устройств и предупреждающей сигнализации (включая надписи и плакаты).

Защиту при нормальных условиях (защиту от прямого прикосновения) обеспечивают посредством основной защиты, а защиту при условиях единичного повреждения (защиту при косвенном прикосновении) обеспечивают посредством защиты при повреждении [34].

К защитным средствам, используемым в лаборатории при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В, согласно ГОСТ 12.1.019-2017 относятся [37]:

1. устройства защитного заземления и зануления;
2. устройства защитного отключения;
3. защитные оболочки, ограждения и барьеры;
4. предупредительная световая, звуковая сигнализации, блокировки безопасности, знаки безопасности;
5. основные изолирующие средства: диэлектрические перчатки; инструменты с изолированными рукоятками; указатели напряжения.

б. дополнительные изолирующие средства: диэлектрические резиновые ковры; изолирующие подставки.

Согласно ПУЭ [33], работа в лаборатории по безопасности электрического травматизма является безопасной.

5.2.5. Негативное воздействие химических веществ

Работа в лаборатории подразумевает частый контакт с токсичными и легковоспламеняющимися химическими реактивами разных классов опасности, значения предельно допустимых концентраций в воздухе рабочей зоны (ПДКр.з) которых регламентируются определяются по ГН 2.2.5.3532–18 и ГОСТ 32419-2013. Список используемых в научно-исследовательской работе веществ приведен в таблице 5.3.

Исследование предполагало работу химическими веществами и органическими растворителями, избыточный контакт с которыми может привести к раздражительному и токсическому эффекту на организм работника.

Таблица 5.3 – Перечень вредных и легковоспламеняющиеся веществ

Вещество	Характеристика	Класс опасности	ПДКр.з мг/м ³	Влияние на организм
Оксид цинка	Белое кристаллическое вещество	2	0,05	Соединение малотоксично, но его пыль вредна для органов дыхания и может вызвать литейную лихорадку
Нитрат серебра	Бесцветные ромбические кристаллы	2	0,5	Вещество коррозионно-активно, при контакте с кожей может вызывать химические ожоги. Оставляет на коже чёрные пятна.
Кислота соляная	Бесцветная, прозрачная, едкая жидкость, «дымящаяся» на воздухе.	3	5	При попадании на кожу вызывает сильные химические ожоги. Особенно опасно попадание в глаза.

Кислота азотная		3	2	Пары вызывают раздражение дыхательных путей, кислота оставляет на коже долгозаживающие язвы. При действии на кожу возникает характерное жёлтое окрашивание кожи, обусловленное ксантопротеиновой реакцией.
Ацетонитрил	Бесцветная токсичная жидкость	3	10	В организм человека проникает при вдыхании паров, через кожные покровы. При попадании в сверхдопустимых дозах вызывает функциональные нарушения работы всех органов, судороги, оказывает удушающее действие.

Для снижения рисков, связанных с вредными и легковоспламеняющимися химическими веществами, лаборатория должна быть снабжена приточно-вытяжной вентиляцией и вытяжным шкафом для защиты органов дыхания и зрения. Помимо этого, необходимо обеспечить каждого работника средствами индивидуальной защиты (противогазы, респираторы, ватно-марлевые повязки). Необходимо соблюдать установленные правила по хранению реактивов, а также базовые правила поведения в лаборатории.

5.3. Экологическая безопасность

Лаборатории при несоблюдении норм и правил по утилизации производственных отходов способны оказывать сильное негативное влияние на состояние литосферы и гидросферы, поскольку большой ряд отходов устойчив к естественному разрушению и способен изменять свою активность с образованием физико-химических трансформантов, представляющих потенциальную опасность для живых организмов и человека.

Органические растворители, используемые во многих лабораторных процессах, могут попадать в поверхностные и грунтовые воды в результате неправильной утилизации. Хотя растворители органической природы обычно относительно быстро улетучиваются и разлагаются в поверхностных водах, но в зависимости от климатических условия они способны сохраняться повышенный уровень концентрации [37]. Оценку оказываемого влияния проводят в соответствии с ГОСТ 17.1.3.06-82 и ГОСТ 17.1.3.13-86.

Для предотвращения загрязнения водных систем органическими отходами необходимо осуществлять их сбор в соответствующие сосуды из темного инертного стекла с обязательной подписью компонентов, содержащихся в сливе, или, в случае твердых отходов, в герметично закрытые контейнеры и мешки черного цвета с указанием класса опасности и описанием содержимого. Емкости хранят в специальном здании или изолированном помещении с отдельным входом. Они должны соответствовать всем требованиям санитарно-пожарных норм. При вывозе больших объемов составляют паспорт и оформляют номенклатурный список, а после утилизации – предоставляют соответствующий акт.

При проведении опытно-исследовательских работ в лаборатории образуется большое количество пластиковых отходов, за счет использования большого количества расходного материала: пробирки, планшеты, наконечники для пипеток и многое другое. Пластик вызывает загрязнение земли, за счет медленного выброса токсичных химических веществ в почву и воду. Полихлорированные бифенилы, обнаруженные в пластмассах, угрожают воздуху и естественной растительности, а также всем видам жизни, подверженным воздействию почвы. Оптимальным решением данной проблемы является сортировка разных видов пластика, используемого в лаборатории, и его дальнейшая переработка.

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Несчастные случаи или чрезвычайные ситуации могут возникнуть в результате несоблюдения правил техники безопасности персоналом лаборатории, а также вследствие внешних антропогенных и не антропогенных факторов [38], к которым относятся: пожары и взрывы; внезапное обрушение зданий; землетрясения; метеорологические и агрометеорологические явления.

Для химической лаборатории самыми распространенными являются проливы и выбросы опасных химических веществ. Работы по ликвидации разливов следует проводить в средствах индивидуальной защиты (СИЗ), таких как фартук прорезиненный, очки защитные, кислотно-щелочные перчатки, маска полнолицевая, специальная обувь.

Если пролита концентрированная кислота/щелочь, то необходимо засыпать место пролива сорбентом, или сорбирующим материалом (впитывающие салфетки, рулоны, бобы, подушки), затем удалить пропитанный сорбент пластиковым совком и смёткой, после чего промыть место пролива большим количеством воды, промыть перчатки под струей проточной воды, просушить. При ликвидации разливов неизвестного объема, последовательно засыпать участок разлива слоем сорбента не менее 5-7 см превышающим уровень жидкости. Время контакта сорбента с концентрированной кислотой/щелочью должно быть не менее 1 часа. Отработанный сорбент следует собрать, закрыть плотной крышкой и вынести в ближайшее место накопления отходов. После необходимо промыть место пролива водой и вытереть насухо склизями.

При проливе ЛВЖ и горючих жидкостей (ГЖ) необходимо немедленно обесточить все приборы и принять меры, обеспечивающие индивидуальную защиту. Место пролива ЛВЖ и ГЖ следует засыпать сорбентом или промыть водой. При ликвидации разливов необходимо действовать так же, как и в случае пролива кислот/щелочей.

При обнаружении первых признаков пожара (запах дыма, отблески пламени, искры) работник по возможности должен принять меры по тушению пожара в начальной стадии первичными средствами пожаротушения с соблюдением мер предосторожности.

По пожарной и взрывопожарной опасности помещение лаборатории относится к категории В1–В4 (пожароопасность), поскольку в данном помещении находятся горючие и трудногорючие вещества и материалы (древесина, фанера, картон, бумага, пластмассы и так далее). Ввиду наличия данных веществ и материалов пожароопасные зоны относятся к классу П-Па и требуют применения пожарозащищенного электрооборудования согласно ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [39].

Для возможных чрезвычайных ситуаций не антропогенного характера, обусловленных географическим расположением региона нахождения фармацевтического предприятия, предусматривается определенная защита сооружения и разработка план эвакуации.

5.5. Выводы по разделу

Таким образом, в разделе были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории, выявлены вредные и опасные факторы, такие как шум, ЛВЖ и ядовитые вещества. Помимо этого, описаны возможные неблагоприятные воздействия на окружающую среду отходов при проведении научно-исследовательской работы и способы минимизации их воздействия. Также был проведен анализ возможных чрезвычайных ситуаций и план мероприятий для их ликвидации.

Список использованных источников

1. Мурашкевич, А. Н. Технология неорганических люминофоров: учеб. пособие для студентов специальности «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий»: в 2 ч. / А. Н. Мурашкевич. – Минск: БГТУ, 2021. – Ч. 1. – 114 с.
2. Жиров Н. Ф. Люминофоры (светящиеся твердые составы): учебник/ Под ред. акад. С. И. Вавилова и Б. Я. Свешникова. - Москва: Оборонгиз, 1940 (Киев). - 480 с.,
3. Леванов А.В. Кинетика затухания люминесценции кристаллофосфоров: Практикум по физической химии/А.В. Леванов, О.Я. Исайкина. – Москва - Баку, 2021. – 21 с.
4. Казанкин О.Н. Неорганические люминофоры: учебник/О.Н. Казанкин, Л.Я. Марковский, И.А. Миронов. – Л.: Химия, 1975. – 192 с.
5. Синтез и изучение люминофоров на основе твердого раствора сульфидов кадмия и цинка/Сергеева Н.М., Богданов С.П., Омаров Ш.О. – Текст: электронный//Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2018. - №46 – С. 56-60. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sintez-i-izuchenie-lyuminoforov-na-osnove-tvyordogo-rastvora-sulfidov-kadmiya-i-tsinka> (дата обращения: 14.05.2023). – Режим доступа: Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»
6. Евстропьев С.К., Никоноров Н.В. Жидкостные методы получения оптических наноматериалов. Учеб. пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 84 с.
7. Амосов А. П. Технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза нанопорошков: учеб. пособие / А.П. Амосов, И.П. Боровинская, А.Г. Мержанов. - Самара: Изд-во Самар, гос.аэрокосм, ун-та, 2006. - 39 с.: ил.

8. В.А. Асеев, А.Н. Бабкина, Л.Ю. Миронов, Р.К. Нурьев, Спектроскопические методы исследования материалов фотоники. – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 97 с.
9. Ширкин, Л. А. Рентгенофлуоресцентный анализ объектов окружающей среды : учеб. пособие / Л. А. Ширкин; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – 60 с. – ISBN 978-5-89368-919-8.
10. Дмитриенко А.О., Макушова Г.Н., Пожаров М.В. Теория рентгенофазового анализа. Учебно-методическое пособие. Электронный ресурс. - 2016 - 51 с. URL: http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/1641.pdf (дата обращения: 01.05.2023). – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.
11. Родный, П.А. Механизмы люминесценции ZnO в видимой области спектра/П.А. родный, К.А. Черненко, И.Д. Веневцев//Оптика и спектроскопия. – 2018. – Т. 125, №3 – С. 357-363.
12. Родный, П.А. Оптические и люминесцентные свойства оксида цинка: (обзор) / П.А. Родный, И.В. Ходюк // Оптика и спектроскопия. – 2011. – Т. 111, № 5 – С. 814-824
13. Тарасов А.П. Люминесценция микроструктур оксида цинка и влияние на нее поверхностного плазмонного резонанса и магнитного поля : дис... канд. физ.-мат. наук/Тарасов Андрей Петрович; Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет). – Москва, 2019. – 125 с.
14. Посыпайко, Виктор Иосифович. Химические методы анализа: учебное пособие / В. И. Посыпайко, Н. А. Козырева, Ю. П. Логачева. — Москва: Высшая школа, 1989. — 447 с.
15. Илларионова, Е. А. Гравиметрия: учебное пособие / Е. А. Илларионова, Ю. А. Гончикова; И. П. Сыроватский: Иркутский государственный медицинский университет, Кафедра фармацевтической и токсикологической химии. – Иркутск: ИГМУ, 2022. – 55 с. – Текст: непосредственный.

16. Илларионова Е.А., Сыроватский И.П. Метод флуориметрии. Применение в фармацевтическом анализе : учебное пособие / А. Илларионова, И. П. Сыроватский ; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра фармацевтической и токсикологической химии. – Иркутск : ИГМУ, 2017. – 41 с.

17. Способ растворения окиси цинка: пат. 937332 СССР, МПК G01N 31/00/ Павленко В.А. Кокозей В.Н.; КГУ им. Т.Г. Шевченко. - №3 3009774; заявл. 02.12.1980; опубл. 23.06.1982;

18. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с

19. Каталог промышленных предприятий и производителей Производитель.рф: сайт. – URL:<https://производитель.рф/producers/lyuminofor> (дата обращения: 02.05.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

20. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» ВКР бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева, О.А. Антоневиц, И.И. Авдеева – Томск: Изд-во ТПУ, 2022. – 18 с.

21. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022) [Электронный ресурс] — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_34683/ (дата обращения: 10.04.2023).

22. Майстренко Г. А., Майстренко А. Г. Источники правового регулирования защиты персональных данных работника в России //Legal Bulletin. – 2020. – Т. 5. – №. 1. – С. 24-29.

23. Постановление Правительства РФ от 19.06.2012 N 608 «Об утверждении Положения о Министерстве здравоохранения Российской

Федерации». — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_131573/90b979da113e5e6604b4a6da403c7347f1df6892/ (дата обращения:02.05.2023)

24. Приказ Минтруда России от 10.12.2018 N 778н «Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам организаций легкой промышленности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением»

25. Федеральный закон N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" N 426-ФЗ: [Принят Государственной Думой 23 декабря 2013 года]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/499067392> (дата обращения 19.04.2023). Текст – электронный.

26. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: дата введения 1979.01.01. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения 01.05.2023). Текст – электронный.

27. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования: дата введения 1979.01.01. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005187> (дата обращения 01.05.2023). Текст – электронный.

28. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: утвержден Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.01.2021: введен 01.03.2021.

29. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки

30. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий

31. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и

общественных зданий: утвержден Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 23.04.2003: введен 15.06.2003.

32. Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ)/ Главгосэнергонадзор России. М.: Изд-во ЗАО «Энергосервис», 2007. 610 с.

33. ГОСТ 12.1.019 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. Общие требования и номенклатура видов защиты: дата введения 2019.01.01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238> (дата обращения 01.05.2023). Текст – электронный.

34. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).

35. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: дата введения 1989.01.01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата обращения 01.05.2023). Текст – электронный.

36. Echols K. R., Meadows J. C., Orazio C. E. Pollution of aquatic ecosystems II: hydrocarbons, synthetic organics, radionuclides, heavy metals, acids, and thermal pollution. – 2009. – С. 120-128.

37. Федеральный закон № 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: [Принят Государственной Думой 11 ноября 1994 года]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9009935/titles/64U0IK> (дата обращения 19.04.2023). Текст – электронный.

38. Федеральный закон №123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: [Принят Государственной Думой 4 июля 2008 года]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения 19.04.2023). Текст – электронный.