

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт физики высоких технологий
 Направление подготовки 12.04.02«Оптотехника»
 Кафедра Лазерной и световой техники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
«Исследование влияния концентрации иона празеодима на люминесценцию стекол активированных <i>Tb/Pr</i> »

УДК 535.37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4Б	Ли Синьлэй		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доц.	Полисадова Е.Ф.	к. ф.-м. н., доц.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Гаврикова Н.А.	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЛиСТ	Яковлев А.Н.	к. ф.-м. н., доц.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОСВО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Способность формулировать цели, задачи и составлять план научного исследования в области светотехники и фотонных технологий, и материалов, способность строить физические и математические модели объектов исследования и выбирать алгоритм решения задачи	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОПК- 1, ПК-1, 2, 10) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1-5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> . Требования работодателей.
Р2	Способность разрабатывать программы экспериментальных исследований, применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы, защищать приоритет и новизну полученных результатов исследований в области обработки, изучения и анализа фотонных материалов, корпускулярно-фотонных технологий, оптоволоконной техники и технологии, в области оптических и световых измерений, люминесцентной и абсорбционной спектроскопии, лазерной техники, лазерных технологий и оборудования, взаимодействия излучения с веществом, производства и применения светодиодов.	Требования ФГОС ВО (ОПК-2, ПК- 3, 4, 5, 19) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.3, 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
Р3	Способность к исследованию и анализу состояния научно-технической проблемы, технического задания, к постановке цели и задач проектирования в области светотехники, оплотехники, фотонных технологий и материалов на основе подбора и изучения литературных и патентных источников. Способностью к разработке структурных и функциональных схем оптических, оптико-электронных, светотехнических приборов, лазерных систем и комплексов с определением их физических принципов работы, структуры и технических требований на отдельные блоки и элементы	Требования ФГОС ВО (ПК- 6, 7, 10) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.5, 5.2.4, 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
Р4	Способность к конструированию и проектированию отдельных узлов и блоков для осветительной, облучательной, оптико-электронной, лазерных техники, оптоволоконных, оптических, оптико-электронных, лазерных систем и комплексов различного назначения, осветительных и облучательных установок для жилых помещений, сельского хозяйства, промышленности	Требования ФГОС ВО (ПК- 8, 9, 10, 11) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.5, 5.2.4, 5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.

P5	Способность к разработке и внедрению технологических процессов и режимов сборки оптических и светотехнических изделий, к разработке методов контроля качества изготовления деталей и узлов, составлению программ испытаний современных светотехнических и оптических приборов и устройств, фотонных материалов.	Требования ФГОС ВО (ПК-9, 12, 13, 14,15, 16, 17, ПК-9) Критерий 5 АИОР (пп 5.2.2, 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P6	Способность эксплуатировать и обслуживать современные светотехнические и оптические приборы и устройства, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС ВО (ОПК-2, ПК- 3, 11, 15, 16, 21) Критерий 5 АИОР (пп 5.2.10, 5.2.16, 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P7	Способность проявлять творческий, нестандартный подход, требующий абстрактного мышления, при решении конкретных научных, технологических и проектно-конструкторских задач в области фотонных технологий и материалов и светотехники, нести ответственность за принятые решения	Требования ФГОС ВО (ОК-1, 2, ОПК-1, 2, ПК-9) Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P8	Способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	Требования ФГОС ВО (ОК-3). Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P9	Способность к инновационной инженерной деятельности, менеджменту в области организации освоения новых видов перспективной и конкурентоспособной оптической, оптико-электронной и световой, лазерной техники с учетом социально-экономических последствий технических решений	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ПК-20, 22, 23), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.12, 5.2.14, 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей
P10	Способностью к координации и организации работы научно-производственного коллектива, принятию исполнительских решений для комплексного решения исследовательских, проектных, производственно-технологических, инновационных задач в области светотехники и фотонных технологий материалов	Требования ФГОС ВО (ПК- 18, 24), Критерий 5 АИОР (пп 5.2.11, 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОПК-3) Критерий 5 АИОР (5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт физики высоких технологий
 Направление подготовки: 12.04.02 «Оптехника»
 Кафедра лазерной и световой техники

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Яковлев А.Н.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ4Б	Ли Синьлэй

Тема работы:

«Исследование влияния концентрации иона празеодима на люминесценцию стекол активированных <i>Tb/Pr</i> »
--

Утверждена приказом директора	№1259/с от 25.02.2015
-------------------------------	-----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Результаты НИР и научно-исследовательской практики
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Обзор литературы по теме исследований 2 Методика и результаты исследований 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 4 Социальная ответственность
Перечень графического материала	Презентация в MS PowerPoint
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гаврикова Н.А., ст. преподаватель каф. менеджмента ИСГТ
Социальная ответственность	Федорчук Ю.М., профессор.каф. экологии и безопасности жизнедеятельности ИНК
Разделы, выполненные на иностранном языке	Ботова А. Л., ст. преподаватель каф. Иностранных языков ФТИ
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Обзор литературы по теме исследований	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доц.	Полисадова Е.Ф.	к. ф.-м. н., доц.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4Б	Ли Синьлэй		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ4Б	Ли Синьлэй

Институт	ИФВТ	Кафедра	ЛиСТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Оптотехника

Тема: Исследование влияния концентрации иона празеодима на люминесценцию стекол активированных Tb/Pr

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>Приблизительная стоимость ресурсов научного исследования, в том числе научно-технического оборудования, составляет около 1 млн. руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисление на социальные нужды 30%, от ФТО</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Выбор объекта FAST-анализа.</i>	<i>В качестве объекта FAST-анализа выступает установка «Импульс-1»</i>
2. <i>Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.</i>	<i>Представляет собой внешнюю функцию, определяющую назначение, сущность и главную цель создания объекта в целом.</i>
3. <i>Для оценки значимости функций будем использоваться метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глуценко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.</i>	<i>Постройка количественных соотношений функций объекта</i>
4. <i>Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.</i>	<i>Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования</i>
5. <i>Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.</i>	<i>Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования</i>
6. <i>Оптимизация функций выполняемых объектом.</i>	<i>Привести оптимизацию параметров надежности и повышения ремонтпригодности</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>FAST T-анализ</i>
2. <i>Оценка стоимости функций, выполняемых установкой «Импульс-1»</i>
3. <i>Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Гаврикова Н.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4Б	Ли Синьлэй		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ4Б	Ли Синьлэй

**Тема: Исследование влияния концентрации иона празеодима на люминесценцию
стекло активированных Tb/Pr**

Институт	ИФВТ	Кафедра	ЛИСТ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Оптотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Рабочим местом является лабораторная установка «Импульс-1», в лаборатории «Лазерной и световой техники», где были проведены экспериментальные исследования для данной дипломной работы, Вредные факторы: световое излучение лампы подсветки, шум создаваемый при работе форвакуумного насоса. Опасные факторы: рентгеновское излучение, электрический ток и лазерное излучение. Возможные чрезвычайные ситуации при выполнении проекта являются: электрический ток при большом значении напряжения, замыкание такой электрической цепи, как правило приводит к искрению контактов вследствие чего возможен очаг возгорания.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>Осуществлен подбор литературы, изучены внутренние инструкции учреждения.</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>Условия труда работающих за установкой Импульс-1 характеризуются возможностью воздействия на них следующих вредных производственных факторов: шум – проявляется в основной степени при работе форвакуумного насоса, так же производственного оборудования и рабочего персонала, возможны появления головных болей, утомленности, чувств усталости; вспышка лампы подсветки может привести к резкой частичной потере зрения, возможны появления болей в области глаз, неблагоприятный микроклимат – не нормированная температура или концентрация влажности воздуха в помещении может быть вызвана не правильной эксплуатацией отопительных приборов, не правильно подготовленной внутренней обстановки помещения в различные времена года. Это приводят к отклонению показателей микроклимата внутри производства, что может привести к различным простудным заболеваниям и снижениям работоспособности персонала; недостаточная освещенность – может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной нагрузкой на них электрического тока. Это может стать</p>
--	---

	причиной неадекватного восприятия человеком технологического процесса, его утомления.
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>К опасным факторам относится:</p> <p>лазерное излучение - при попадании в глаз луч лазера фокусируется в пятно очень малых размеров, что может привести к ожогам сетчатки глаза, частичной или полной необратимой потере зрения. Лазеры большей мощности способны вызывать поражения глаз, вызывать ожоги кожи.</p> <p>Средства защиты: защитные очки со светофильтрами, перчатки и халат;</p> <p>электрический ток – при работе с экспериментальной установкой, который соединен с сетью напряжения, замыкание которой может произойти через тело человека, а также возникновение пожара. Согласно нормам установлены средства пожаротушения.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Материалы используемые, при исследованиях являются экологически безопасными.</p> <p>В качестве источника влияния на окружающую среду рассмотрена утилизация отходов. (жидкие отходы-сливы, твердые отходы)</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС: 1) ЧС природная - сильный мороз, 2) ЧС техногенная предполагаемая диверсия; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Возможные ЧС на объекте: поражение электрическим током; замыкание электрической цепи, и как следствие, пожар.</p> <p>К мерам по предупреждению будут относиться:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Планирование защиты от ЧС на уровне предприятия (организации); 2. Создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности; 3. Подготовка и поддержание в постоянной готовности средств по ликвидации ЧС.
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Эффективный и безопасный труд возможен только в том случае, если производственные условия на рабочем месте отвечают всем требованиям международных стандартов в области охраны труда.</p>
Перечень графического материала:	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. План эвакуации 2. План размещения светильников

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Федорчук Ю.М			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4Б	Ли Синьлэй		

Приложение А

Раздел № 2

The experimental technique and experimental results

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4Б	Ли Синьлэй		

Консультант кафедры ЛИСТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЛИСТ	Полисадова Е.Ф.	к. ф.-м. н., доц.		

Консультант – лингвист кафедры ИЯФТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. иностранных языков ФТИ	Ботова Анастасия Леонидовна			

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит 111 страниц, 36 рисунков, 26 таблиц, 30 источников, 1 приложения.

Ключевые слова: сцинтиллятор, люминесценция, спектр, кинетика, стекла, редкоземельные ионы.

Объектом исследования являются образцы стекол легированные окислами редкоземельных ионов сваренных в Институте сцинтилляционных материалов НАН Украины.

Цель работы: экспериментальное выявление влияния концентрации ионов Pr, на спектрально-кинетические характеристики люминесценции литий-фосфат-боратных стекол активированных Tb/Pr.

Определения

Сцинтиллятор – вещество, обладающее способностью излучать свет при поглощении ионизирующего излучения.

Люминесценция – нетепловое свечение вещества, происходящее после поглощения им энергии возбуждения (фотолюминесценция – люминесценция, возбуждаемая электромагнитным излучением УФ – и видимого спектрального диапазона; катодолюминесценция – люминесценция, возбуждаемая электронным пучком).

Излучение – процесс испускания и распространения энергии в виде волн и частиц.

Спектрометрия – раздел физики, посвященный изучению спектров взаимодействия излучения с веществом.

Спектр – распределение интенсивности заданной величины по значениям энергии (длины волны или частоты) электромагнитного излучения.

Обозначения и сокращения

РЗЭ	–	редкоземельные элементы
РЗИ	–	редкоземельные ионы
ИКЛ	–	импульсная катодоллюминесценция
УФ	–	ультрафиолетовая область
БПВ	–	безызлучательный перенос энергии
ЭВ	–	электронные возбуждения
СЭП	–	сильноточный электронный пучок
ИПЭ	–	импульсный поток электронов
ФПМ	–	фотоприемный модуль
ГИ	–	генератор импульсов
ФЭУ	–	фотоэлектронный умножитель

Оглавление

1 Физические свойства и практическое применение материалов активированных ионами Tb/Pr	18
1.1 Энергетическая структура и люминесцентные свойства Tb и Pr	18
1.2 Применение материалов, активированных Tb/Pr	24
2 Техника исследований и образцы	30
2.1 Методика эксперимента и образцы	30
2.2 Техника эксперимента	31
2.3 Исследовательский комплекс для спектрально кинетических исследований	33
3 Спектрально-кинетические характеристики люминесценции и оптические свойства стёкол легированных Tb³⁺/Pr³⁺ с различной концентрацией Pr³⁺	36
3.1 Оптические свойства	36
3.2 Импульсная фотолюминесценция	38
3.3 Импульсная катодолюминесценция	40
3.4 Кинетики затухания люминесценции	43
3.5 Кинетические характеристики люминесценции стекол при изменении плотности возбуждения	46
3.6 Исследование светосуммы выхода и цветовой температуры	47
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	50
4.1 Расчет FAST – анализа.	50
4.2 Инициация проекта	59
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом	61
4.3.1 Иерархическая структура работ проекта	61
4.3.2 Контрольные события проекта	62
4.3.3 План проекта	62
4.3.4 Бюджет научного исследования	64

4.3.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	69
5	Социальная ответственность	73
5.1	Анализ вредных факторов на рабочем месте	73
5.1.1	Санитарные требования к помещению лаборатории	74
5.1.2	Микроклимат	74
5.1.3	Уровень шума	76
5.1.4	Освещение	77
5.1.5	Электробезопасность	82
5.1.6	Расчет защитного заземления	85
5.1.7	Пожарная безопасность	87
5.1.8	Инструкции	90
5.2	Охрана окружающей среды	91
5.3	Защита в ЧС	91
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	92
	Заключение	95
	Список литературы	96
	Приложение А	99

Введение

Стеклообразные материалы активированные РЗИ (редкоземельные ионы) широко применяются в оптико-электронных приборах в качестве оптически-активных сред в лазерах, преобразователях и усилителях излучения, сцинтилляторах, дисплеях и т.д. [3-5] Стекла имеют широкий диапазон изменения физико-химических, теплофизических и оптических свойств, что определяет их перспективность для изготовления элементов фотоники.

Эффективность процесса свечения определяется процессами переноса энергии возбуждения между матрицей и активатором, между активаторами. Вероятность излучательного или безызлучательного переноса энергии будет определяться структурой матрицы, типом и количеством ионов-активаторов, их распределением в объеме материала. В стеклах на фосфатной основе миграция энергии происходит более эффективно, по сравнению с силикатными [2]. Кроме того, фосфатные стекла имеют низкий показатель преломления и низкую величину дисперсии. Поэтому в качестве матрицы использовались стекла на фосфатной основе. Введение в состав оксида лития и бора увеличивает сечение захвата ионизирующего излучения, в частности, тепловых нейтронов.

Применение активированных стекол в качестве материалов для детектирования ионизирующего излучения обусловлено возможностью создавать элементы любой протяженности и формы, высокой однородностью среды, хорошей растворимостью РЗИ, низкой стоимостью (по сравнению с кристаллами). При этом, стекла «проигрывают» кристаллам по величине светового выхода. Поиск путей увеличения светового выхода для стеклообразных сред является актуальным. Исследования в этой области ведутся в направлении поиска и оптимизации составов ионов-активаторов, модификации структуры матрицы стекла. Исследование закономерностей влияния типа и количества активаторов, состава матрицы на люминесцентные характеристики стекла дает возможность установить механизмы взаимодействия матрицы и активатора, найти способы управления излучательными характеристиками оптически-активного материала.

Потребность в таких материалах с различными характеристиками растет в силу развития областей применения ионизирующего излучения: медицинская томография, неразрушающий контроль, физика высоких энергий.

Выбор ионов-активаторов обусловлен несколькими факторами: 1) высокий квантовый выход излучения, 2) корреляция спектрального состава излучения со спектром чувствительности фотоприемников, применяемых в сцинтилляционной технике, 3) возможность сенсбилизации люминесценции при со активировании парами ионов [8]. Ионы тербия обладают интенсивной люминесценцией в видимой области, максимум излучения приходится на 544 нм, ионы празеодима за счет богатой энергетической структуры излучают в видимой и ИК области, имеют интенсивные полосы поглощения в видимой области. Соактивация ионами Pr^{3+} и Tb^{3+} кристаллов и стекол при определенных условиях, дает «белое» свечение [1], что позволяет использовать их как преобразователи излучения «синих» и ультрафиолетовых чипов для светодиодов.

Несмотря на многолетние и активные исследования области спектроскопии стекол, активированных РЗИ, их спектрально-люминесцентные свойства до сих пор не получили объяснение в такой же степени, как свойства активированных кристаллов. Это обусловлено сложностью структуры стекол, многообразием факторов, влияющих на процессы переноса энергии возбуждения в слабоупорядоченных структурах. Поэтому, исследование влияния изменения концентрации иона празеодима при фиксированной концентрации иона тербия в стеклянной матрице является актуальным. Использование методов импульсной спектрометрии с временным разрешением при возбуждении электронным пучком позволит получить новые закономерности и изучить процессы переноса энергии возбуждения.

Объектом исследования в настоящей работе являются литий-фосфат-боратные стекла (ЛФБС), активированные редкоземельными элементами (Tb, Pr).

Цель работы: установление закономерностей влияния концентрации иона празеодима на спектрально-кинетические характеристики и световой выход люминесценции литий-фосфат-боратных сцинтилляционных стекол, активированных Tb/Pr.

Основные задачи исследований:

1. Исследование оптических свойств образцов ЛФБС легированных (Tb/Pr) с концентрацией Pr от 0,2 до 1 вес%.
2. Исследование спектров возбуждения люминесценции, фотолюминесценции, катодлюминесценции образцов стекол, активированных Tb/Pr, с различной концентрацией Pr.
3. Исследование зависимости характеристического времени затухания люминесценции образцов стекол, активированных Tb/Pr, от концентрации празеодима, от плотности энергии возбуждения.
5. Анализ процессов переноса энергии возбуждения между ионами тербия и празеодима.
6. Исследование светового выхода и цветовых характеристик катодлюминесценции образцов стекол, активированных Tb/Pr.

1 Физические свойства и практическое применение материалов активированных ионами Tb/Pr

1.1 Энергетическая структура и люминесцентные свойства Tb и Pr

Электронные переходы в пределах 4f оболочки происходят на оптических частотах и число электронов, занимающих 4f оболочку определяется их оптическими характеристиками. Это обуславливается тем, что низкоэнергетичные 4f электроны за счет внешних заполненных 5p и 5s электронных оболочек экранированы от матрицы. Вследствие экранирования 4f-оболочки от воздействия полей соседних ионов заполненной оболочкой 5s₂ 5p₆, в спектре люминесценции и поглощения характерно появление узких

полос.

Такие полосы возникают за счет перехода РЗИ из одного из возможных возбуждённых состояний в стационарное состояние. Возбужденные состояния ионов зависят от числа электронов на 4f – оболочке. В работе Dieke G.H (Дике) впервые были построены схемы энергетических уровней редкоземельных ионов всех 4f n-конфигураций в инфракрасной, видимой и ультрафиолетовой области спектра [7]. Данные диаграммы с достаточной точностью справедливы для редкоземельных ионов в различных стеклообразных матрицах из-за малого вклада величины поля стеклообразной матрицы (См. рисунок – 2).

В матрице РЗИ образуют оптические центры. Свойства этих локализованных оптических центров определяют спектрально-люминесцентные и лазерные параметры активированного материала.

Интенсивность люминесценции связана линейно с концентрацией РЗИ. Но при превышении некоторой концентрации РЗИ начинается концентрационное тушение люминесценции. Большинство РЗИ интенсивно люминесцируют при облучении потоком ускоренных электронов и оптическом возбуждении. Спектры ионов лантаноидов представлены в работах [8,10,11] и представляют собой набор характеристических полос.

К примеру авторами [11], показан спектр стекла, состава $75\text{NaPO}_3 \pm 24\text{CaF}_2 \pm 1\text{PrF}_3$ при возбуждении люминесценции, на длине волны $\lambda_{\text{ex}} = 442$ нм, при комнатной температуре.

В работе [1] сообщается о синтезе и проведенных спектральных исследованиях люминофора с составом CaYAlO_4 (СYA) активированным $\text{Pr}^{3+}/\text{Tb}^{3+}$ с различной концентрацией Pr^{3+} .

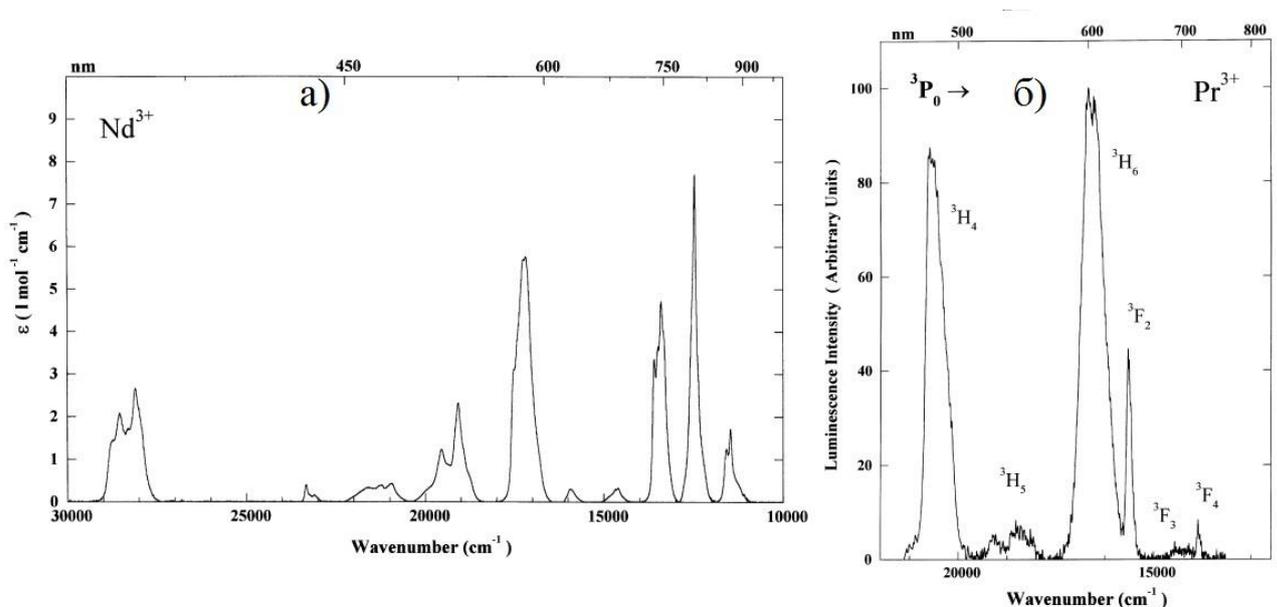


Рисунок 1– а) Спектр люминесценции $75\text{NaPO}_3 \pm 24\text{CaF}_2 \pm 1\text{PrF}_3$ $\lambda_{\text{ex}} = 442$ нм
 б) Спектр поглощения $75\text{NaPO}_3 \pm 24\text{CaF}_2 \pm 1\text{PrF}_3$. [11].

Празеодим способен генерировать различные полосы излучения, находящиеся во всей видимой области спектра благодаря набору уровней, с которых возможны излучательные переходы. К примеру авторами приводятся данные нахождение полос люминесценции и интерпретация переходов: ${}^3\text{P}_0 \rightarrow {}^3\text{H}_4$ находится в синей области спектра, переход ${}^3\text{P}_0 \rightarrow {}^3\text{H}_5$ в зеленой области, а переход ${}^3\text{P}_0 \rightarrow {}^3\text{H}_6$ проявляется в виде узкой полосы в красной области спектра. Авторами изучена зависимость интенсивности полос люминесценции люминофора Pr^{3+} : СYA от концентрации празеодима, при фотовозбуждении излучением 263 нм.

В спектре люминесценции регистрируются пять основных полос с максимумами на 500 нм, 556 нм, 629 нм, 663 нм и 750 нм, соответствующие им переходы осуществляются с метастабильного уровня ${}^3\text{P}_0$ на уровни ${}^3\text{H}_4$, ${}^3\text{H}_5$, ${}^3\text{H}_6$, ${}^3\text{F}_2$ и ${}^3\text{F}_3$. Самая интенсивная полоса находится в области на 500 нм и соответствует ${}^3\text{P}_0 \rightarrow {}^3\text{H}_4$.

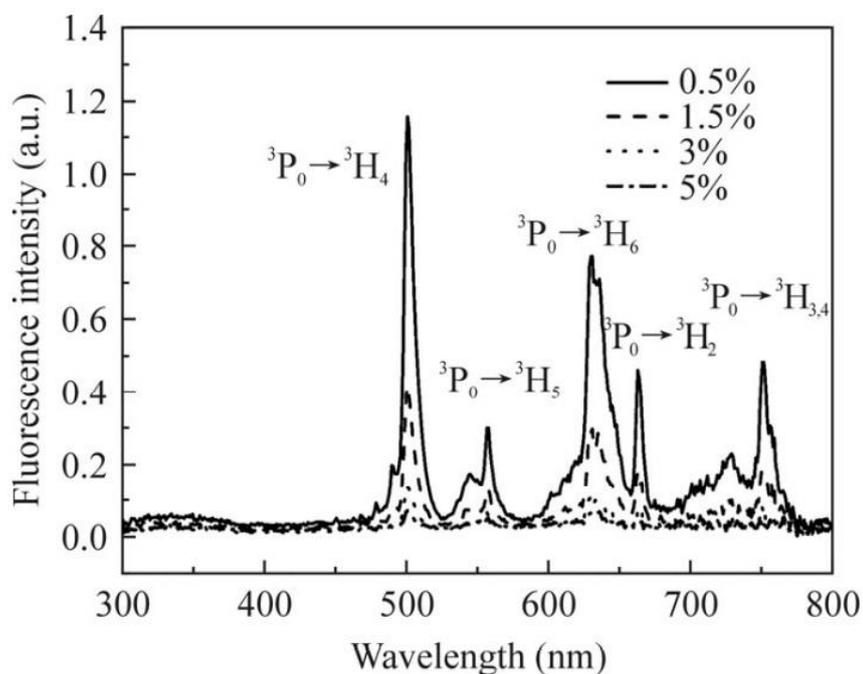


Рисунок 2 – Спектр фотолюминесценции люминофоров CaYAlO₄ при концентрации 0.5%, 1.5%, 3% и 5% Pr³⁺, при возбуждении $\lambda_{\text{ex}} = 263$ нм. [1]

При увеличении концентрации ионов Pr³⁺ зарегистрирован спад люминесценции для всех полос см рис. 2. Авторы предполагают, что это возможно за счет переноса энергии возбуждения с уровня ⁵D₄ ионов тербия на уровень ³P₀ ионов празеодима.

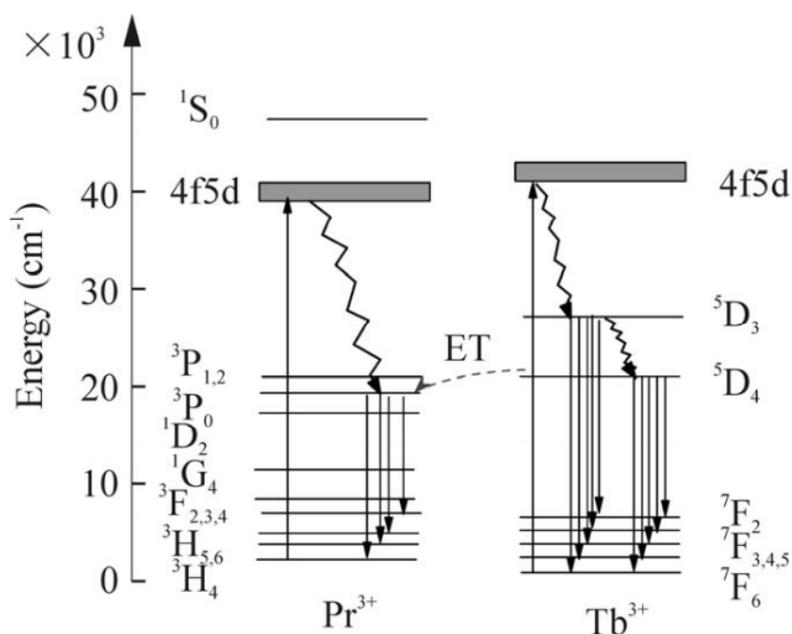


Рисунок 3 – Передача энергии между ионами празеодима и тербия. [1]

В работе [12] сообщается о синтезе и проведенных исследованиях спектров люминесценции следующих кристаллических фторидов и сложных оксидов, активированных ионами Pr^{3+} : CaSO_4 , BaSO_4 , SrSO_4 , $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$, LaAlO_3 , SrB_4O_7 , $\text{LaMgAl}_{11}\text{O}_{19}$, YAlO_3 , Y_2SiO_5 , LiSrAlF_6 , SrAlF_5 , SrF_2 , SrClF , LaF_3 , YF_3 , KMgF_3 , $\text{LaZr}_3\text{F}_{15}$, BaSiF_6 , SrB_4O_7 , CaSO_4 , SrSO_4 , BaSO_4 , BaF_2 и $\text{LaZr}_3\text{F}_{15}$.

Спектрально-люминесцентные измерения выполнялись на комплексе, блок–схема которого содержит рентгеновскую трубку, монохроматор и регистратор. Люминесценция возбуждалась рентгеновским излучением (35 кВ, 25 мА) и регистрировалась в диапазоне 200 – 750 нм.

Съемка спектров люминесценции осуществлялась при комнатной температуре. На рисунке 4 приведен спектр люминесценции $\text{Y}_{1-x}\text{Pr}_x\text{AlO}_3$. Как видно из спектра люминесценции, в ультрафиолетовой области преобладает широкая структурная полоса люминесценции в области 250-350 нм (эта полоса связана с межконфигурационными $5d \rightarrow 4f$ переходами Pr^{3+}). В видимой области спектра наблюдаются линии, которые соответствуют переходам $^3\text{P}_0 \rightarrow ^3\text{H}_4$ (486 нм), $^3\text{P}_0 \rightarrow ^3\text{F}$ (вблизи 600 нм).

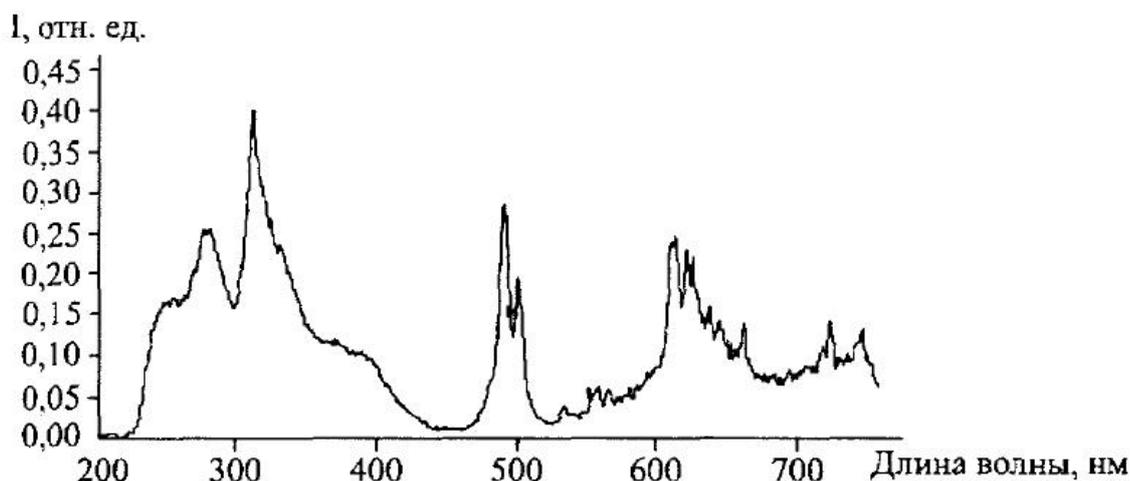


Рисунок 4 – Спектр люминесценции $\text{Y}_{1-x}\text{Pr}_x\text{AlO}_3$

Каскадная люминесценция регистрировалась в $\text{LiSrAlF}_6: \text{Pr}^{3+}$ (рис. 4). Линии 403 и 487 нм принадлежат $^1\text{S}_0 \rightarrow ^1\text{I}_6$ и $^3\text{P}_0 \rightarrow ^3\text{H}_4$ переходам соответственно. В УФ области спектра присутствуют также слабые линии, за

которые ответственны переходы с 1S_0 -уровня на 3F_4 (248 нм), 1G_4 (268 нм) и 1D_2 (330 нм). Длинноволновые линии вблизи 600 нм принадлежат переходам с уровня 3P_0 на уровни 3F -терма.

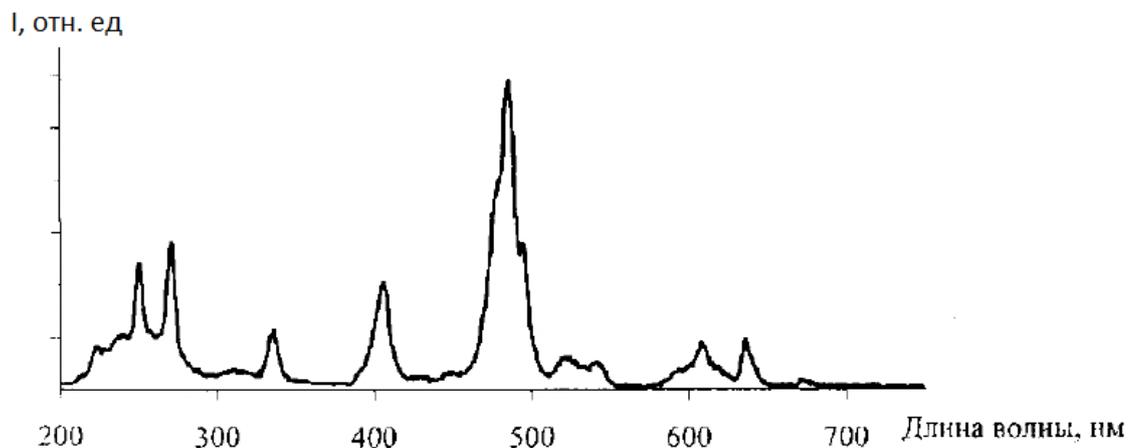


Рисунок 5 – Спектр люминесценции $\text{LiSrAlF}_6: \text{Pr}^{3+}$

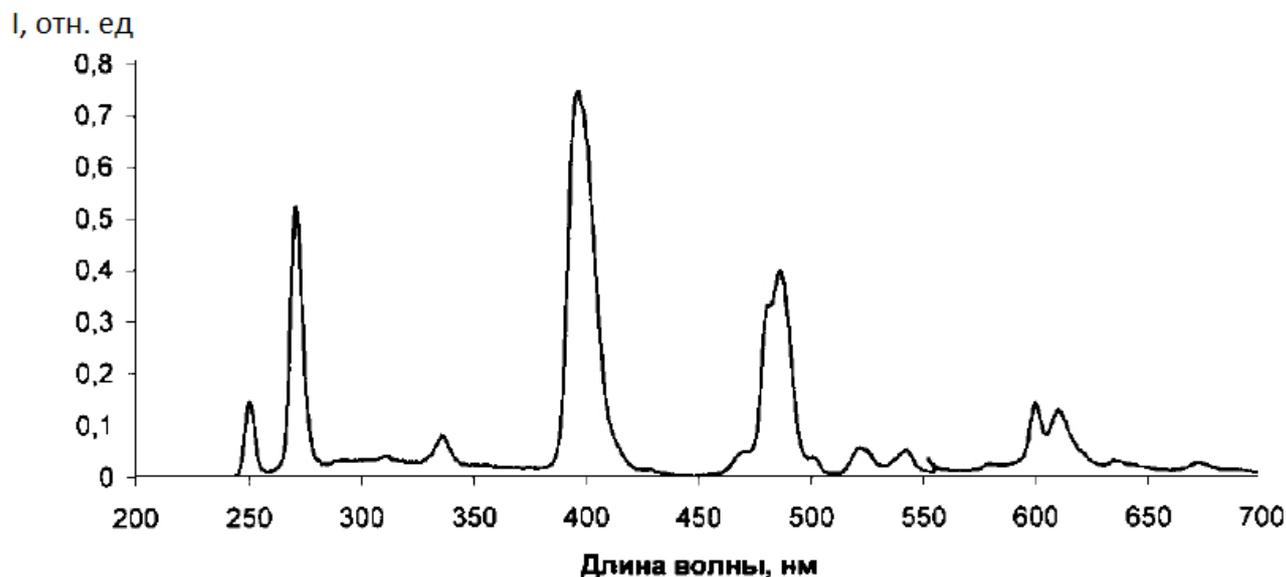


Рисунок 6 – Спектр люминесценции $\text{LaF}_3: \text{Pr}^{3+}$

Отличие спектров объясняется тем, что на рис.4 представлен спектр люминесценции Pr^{3+} при его концентрации 1 моль. %, а на рис. 3 – при концентрации 0.1 моль. %. Таким образом, наблюдается концентрационная зависимость интенсивности перехода $^1S_0 \rightarrow ^1I_6$ в $\text{LaF}_3: \text{Pr}^{3+}$.

1.2 Применение материалов, активированных Tb/Pr

Комплексные соединения лантаноидов, благодаря уникальности люминесцентных свойств, являются перспективными материалами для устройств отображения информации, гибких дисплеев, оптических усилителей и поляризованных источников света [13].

Также лантаноиды могут быть основой для получения материалов, используемых в качестве светотрансформирующих покрытий [14].

Благодаря тому что в спектрах люминесценции стекол с празеодимом, полосы люминесценции расположены по всему спектру в настоящее время активно идет разработка светодиодов для получения белого света. [1,15]. В работе [15] были собраны и систематизированы данные по координационным соединениям лантанидов с органическими лигандами, применяемым при конструировании электролюминесцентных диодов. Рассмотрены особенности молекулярного и электронного строения таких соединений, а также их спектральные характеристики. Проведен сравнительный анализ свойств органических электролюминесцентных диодов с различной композицией излучающих и проводящих слоев.

Так же редкоземельные элементы используются в волоконных усилителях. [16].

Современный уровень развития технологий позволяет вводить в световедущую жилу волокна редкоземельные элементы, имеющие спектр люминесценции в окнах прозрачности волокна и пики поглощения в области генерации полупроводников лазеров, через которые можно осуществлять накачку активированного оптического волокна излучением лазеров (рис.1) [16]. На рисунке 16 изображены полосы усиления редкоземельных ионов, и в частности, празеодима. Он используется в волоконных оптических усилителях.

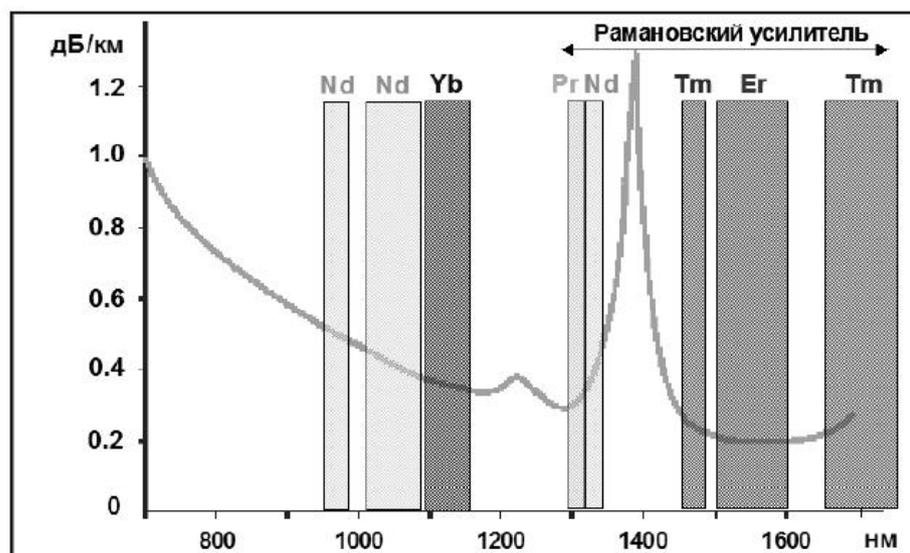


Рисунок 7 – Полосы усиления редкоземельных ионов и спектр оптических потерь кварцевого волокна [16].

Известно, что кристаллы, активированные ионами празеодима, являются перспективными сцинтилляционными материалами. К примеру, в [17] показано, что $\text{BaF}_2\text{-Pr}^{3+}$ имеет хорошую температурную стабильность светового выхода и малое время затухания свечения.

Для пленочных структур на пленочном анодном оксиде алюминия (ПАОА), полученных анодированием в щавелевой и ортофосфорной кислотах с осажденными ионами тербия, методом окунания исследованы спектры ФЛ (см. рис.8). [18] Спектр пленочных структур состоит из ряда полос с максимумами в области 490, 445, 584, и 636 нм. За все полосы ответственны излучательные переходы в ионах тербия. Возбуждение образцов производилось излучением с длиной волны $\lambda_{\text{возб}}=337\text{нм}$.

Исследована ФЛ тербия, осажденного методом окунания, в пленки ПАОА толщиной 3, 10, 20, 30, 50 мкм, сформированного анодированием в 1,2 моль/л H_3PO_4 при напряжении 130 В (Рисунок 9). Наблюдается рост интенсивности фотолюминесценции с увеличением толщины структур ПАОА.

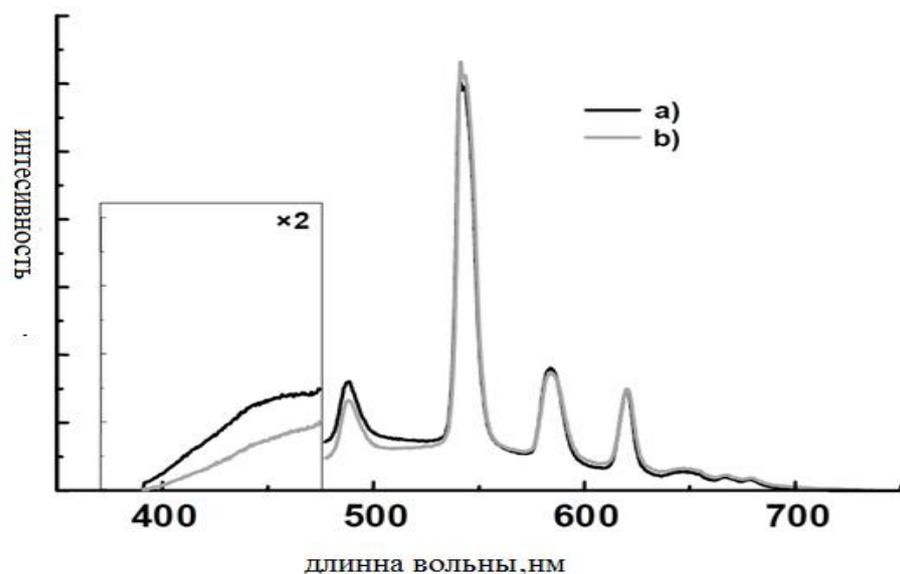


Рисунок 8 – Спектры ФЛ, полученные при $\lambda_{\text{возб}}=337$ нм для пленочных структур ПАОА с осажденными ионами тербия, сформированных в 3,6% растворе $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ при напряжении 60 В (а) и в 10% растворе H_3PO_4 при напряжении 130 В (б). [18]

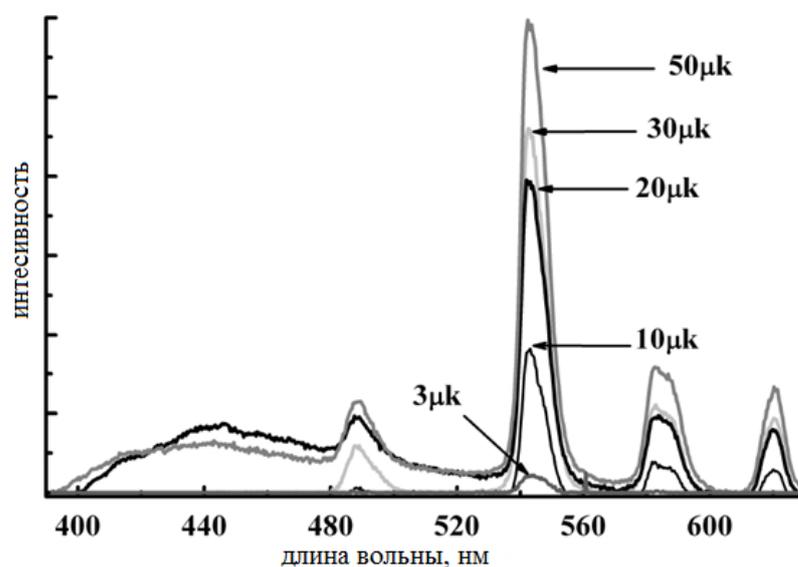


Рисунок 9 – Зависимость фотолюминесценции тербия при $\lambda_{\text{возб}}=329$ нм, осажденного в пленочные структуры ПАОА толщиной 3, 10, 20, 30, 50 мкм, сформированного анодированием в 1,2 моль/л H_3PO_4 при напряжении 130 В

В работе [19] описан комплекс Тб(III) со специфическим лигандным окружением, позволяющим получить при охлаждении оптически изотропную застеклованную пленку, обладающую эффективной люминесценцией.

Синтезирован стеклюющийся при охлаждении из расплава аддукт трис(β -дикетоната)тербия с 1,10-фенантролином, и на его основе получены оптически прозрачные пленки с эффективной люминесценцией. При облучении ультрафиолетом материал показывает зеленую люминесценцию.

Сцинтилляционные стекла активированные редкими землями привлекательный материал, используемый в виде стекла или волокне формы для обнаружения X-или гамма - лучей [20,21] так же как для применения в освещении и оптических дисплеях.

Стекла системы Tb_2O_3 - B_2O_3 - GeO_2 (TBG) с высоким содержанием оксида тербия перспективны для использования в качестве высокоэффективных магнитооптических затворов и модуляторов электромагнитного излучения. Автором [22] были получены TBG стекла оптического качества с максимальным содержанием Tb_2O_3 31 мол.% при введении в состав матрицы стекла SiO_2 и Al_2O_3 . Магнитооптическая постоянная TBG стекол на длине волны 633 нм может достигать значения более 0,4 угл.мин/см \cdot Э. Оптические TBG стекла могут быть использованы как новый лазерный материал для визуализации УФ излучения.

Изучены механизмы возбуждения высоко лежащих энергетических уровней примесных редкоземельных ионов при многоступенчатой накачке квантами света или в результате суммирования электронных возбуждений [23].

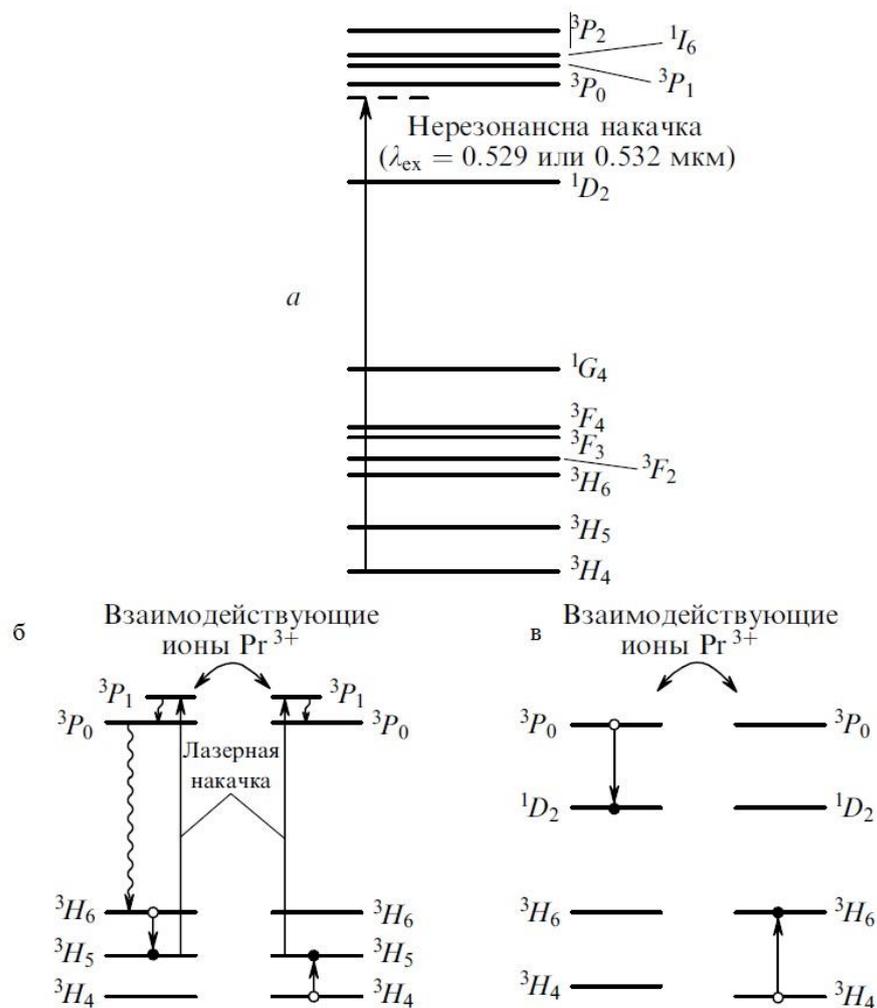


Рисунок 10 – Структура энергетических уровней примесного Pr^{3+} (а), а так же схемы кросс-релаксации энергии возбуждения термов $^3\text{H}_6$ (б) и $^3\text{P}_0$ (в) при возбуждении двух ионов Pr^{3+}

Выводы по главе 1

- Стекла содержащие РЗИ являются перспективными материалами для их использования в области генерации лазерного излучения, детектирования ионизирующих излучений, создания излучающих сред с заданной цветностью излучения.

- Оптимизация соотношения редкоземельных ионов в паре активатор/соактиватор позволяет увеличивать эффективность люминесцентного процесса в определенных полосах, тем самым увеличивая световой выход люминесценции.

- Для поиска путей совершенствования сцинтилляционных характеристик стеклообразных материалов, активированных РЗИ требуются систематические исследования физических процессов происходящих в образцах при селективном и не селективном возбуждении с использованием современных методик с высоким временным разрешением.

2 Техника исследований и образцы

2.1 Методика эксперимента и образцы

В работе исследовались литий-фосфат-боратные стекла общего состава $\text{Li}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5-\text{CaF}_2$. Образцы были синтезированы в Институте монокристаллов Национальной Академии наук Украины (г. Харьков). В качестве исходных компонентов для синтеза стекол использовали следующие соединения: H_3BO_3 , CaF_2 , Li_2O , B_2O_3 , активаторы вводились путем добавления в шихту окислов редкоземельных металлов: Pr_2O_3 , Tb_2O_3 . Изготовленные образцы легированные ионами $\text{Tb}^{3+}/\text{Pr}^{3+}$. Состав матрицы стекла был одинаков для всех образцов см.рис11. Сведения о составе образцов приведены в таблице – 1.

Таблица 1 – Состав литий-фосфат- боратных стекол с активаторам

Состав стекла	Активатор	Конц.(вес.%)	Соактиватор	Конц.(вес.%)	Образец
$\text{Li}_2\text{-}$ $\text{B}_2\text{O}_3\text{-}$ $\text{P}_2\text{O}_5\text{-}$ CaF_2	Tb_2O_3	5,0	Pr_2O_3	0,2	Tb5Pr0,2
		5,0		0,5	Tb5Pr0,5
		5,0		0,7	Tb5Pr0,7
		5,0		1,0	Tb5Pr1,0
		-		1,0	Pr1
		1		-	Tb1

Для всех серий образцов характерны идентичные условия приготовления, такие как время предварительный прогрев, время плавления, температура и время отжига. LiPO_3 получали прокаливанием LiH_2PO_4 в муфельной печи при температуре 900°C . Массы реактивов рассчитывались на 10 г. исходной смеси. Плавление и отжиг образцов проводился в платиновых и стеклоуглеродных тиглях в муфельной печи SNOL 7,2/1300.

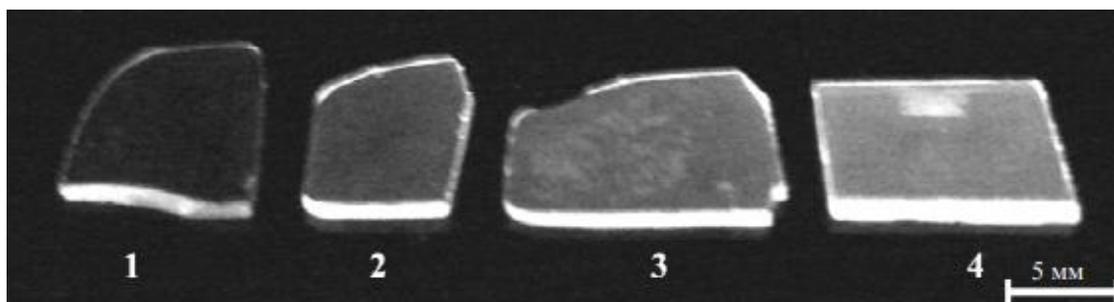


Рисунок 11 – Стекол активированных (1) $Tb_5Pr_{0,2}$, (2) $Tb_5Pr_{0,5}$, (3) $Tb_5Pr_{0,7}$, (4) Tb_5Pr_1

Платиновый тигель с подготовленной шихтой помещали в разогретую до $800^{\circ}C$ муфельную печь, поднимали температуру до $900...1100^{\circ}C$ (в зависимости от концентрации редкоземельного элемента) и выдерживали в течение 90 мин. Через каждые 20 мин расплав перемешивали. Полученный однородный расплав выливали в нагретый до $200^{\circ}C$ стеклоуглеродный тигель и оставляли остывать до комнатной температуры. Отжиг образцов стекол выполняли при $300^{\circ}C$ в течение 5 часов.

Синтезированные стекла обладают однородным распределением активаторов по объему, не содержат кристаллических фаз, имеют низкие значения внутренних напряжений, негигроскопичны, так же для них характерны: низкая температура плавления, высокая растворимость редкоземельных компонентов, гомогенностью, значительно большей коэффициент пропускания порядка 80 % и влагостойкость.

2.2 Техника эксперимента

Флуоресцентный спектрофотометр Agilent Cary Eclipse — эффективный, точный и универсальный прибор, позволяющий решать широкий спектр аналитических задач (Рис.12). Точное регулирование температуры, исключение фотообесцвечивания пробы, разнообразие режимов измерения дают уверенность в том, что с помощью Cary Eclipse можно получать самые достоверные результаты. В спектрофлуориметре Cary Eclipse используется

ксеноновая импульсная лампа, которая обеспечивает превосходную чувствительность, высокие отношения сигнал/шум и возможность исследования быстрой кинетики. Спектрофотометр позволяет проводить измерения световой эмиссии образца в четырёх режимах.



Рисунок 12 – Прибор спектрофлуориметр для исследования спектра люминесценции.

Таблица 2 – Параметры спектрофлуориметр Agilent Cary Eclipse

Источник света	пульсирующая Хе лампа
Ширина импульса	2 мкс
Эквивалентная мощность	75 кВт
Оптика	Шварцшильда
Монохроматоры	Черни-Турнера, 0.125 м
Дифракционные решетки	30 x 35 мм, 1200 линий/мм
Детекторы	два ФЭУ R298
Оптический диапазон	Возбуждение: 200-900 нм , Эмиссия: 200-900 нм
Спектральная ширина щели	1.5, 2.5, 5, 10 и 20 нм
Максимальная скорость сканирования	24000 нм/мин
Скорость сбора кинетических данных	4800 точек/мин
Время усреднения сигнала	Флюоресценция: 0.0125 - 999 с, Фосфоресценция: 1 мкс -10с , Био/Хемилюминесценция: 40 мкс -10с

Использование импульсной ксеноновой лампы позволяет получать точку данных каждые 12,5 мс и сканировать со скоростью 24 000 нм/мин. Cary Eclipse единственный флуоресцентный спектрофотометр с иммунитетом к засветке

внешним освещением. Дополнительные аксессуары позволяют работать с микропланшетами и проводить полное сканирование образцов в 384 лунках всего за 90 секунд.

Спектрофотометр СФ-26 предназначен для измерения пропускания и оптической плотности жидких и твердых веществ в области 186–1100 нм (Рис.13). Пределы измерения коэффициента пропускания 3–100% (оптической плотности 0–2,0). Основная абсолютная погрешность измерения по шкале коэффициентов пропускания в области спектра 190–1100 нм не более 1%.

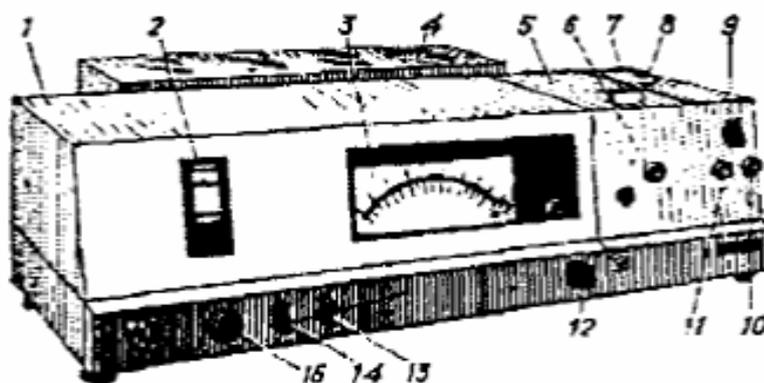


Рисунок 13. Внешний вид спектрофотометра СФ-26.

1 - монохроматор; 2 - шкала длин волн; 3 - измерительный прибор; 4 - осветитель с источником излучения и стабилизатором; 5 - кюветное отделение; 6 - рукоятка перемещения каретки с кюветами; 7 - камера с фотоприемниками и усилителем; 8 - рукоятка переключения фотоэлементов; 9 - рукоятка установки чувствительности; 10 - рукоятка установки на «0»; 11 - рукоятка шторки; 12 - рукоятка регулировки ширины щели; 13 - рукоятка «Отсчет»; 14 - рукоятка компенсации; 15 – рукоятка шкалы длин волн

2.3 Исследовательский комплекс для спектрально кинетических исследований

В эксперименте в качестве метода исследования выбран метод люминесцентной спектроскопии с наносекундным временным разрешением.

Этот метод позволяет изучать спектрально-люминесцентные характеристики, так же благодаря наносекундному разрешению системы регистрации, метод позволяет изучать кинетические процессы образования центров свечения и окраски, возникающих в оптически прозрачных материалах под действием коротких импульсов фото и катода возбуждения. Исследования проводились на установке «Импульс-1» (см.рисунок- 10). Для регистрации спектров излучения использовался спектрометр AvaSpec-2048 фирмы Avantes. Время интегрирования 2 мс.

Установка состоит из системы возбуждения и системы регистрации. Система возбуждения включает в себя: ускоритель электронов (1), азотный лазер - источник фотовозбуждения, систему синхронизации. Система регистрации включает в себя линзы, монохроматор (2), фото-электронный умножитель (ФЭУ) (3), и высокочастотный осциллограф (4). Блок схема установки показана на рисунке - 14. Для достижения необходимого вакуума прилагается система вакуумной откачки.

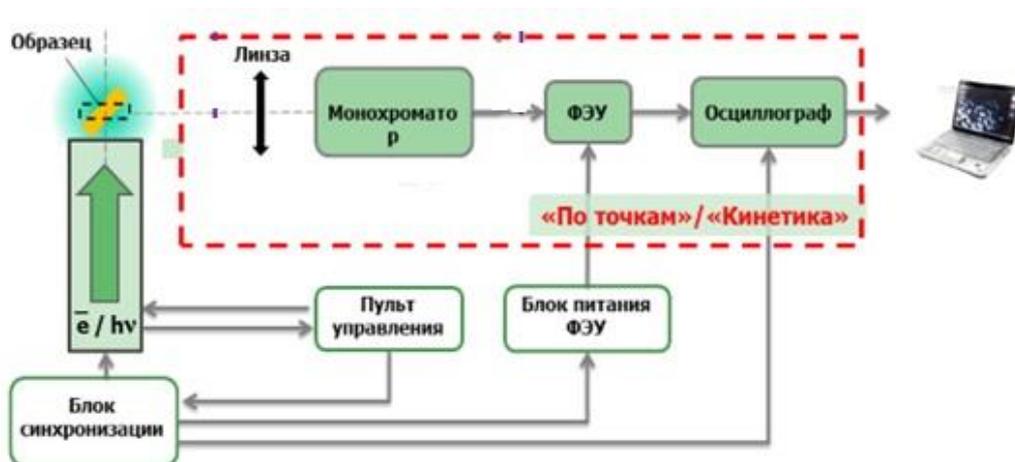


Рисунок 14 – Блок-схема установки «Импульс-1»

Характеристики системы возбуждения :

В качестве источника возбуждения использовался ускоритель электронов, генерирующий пучки с параметрами $E_{cp}=250$ кэВ, $t_{1/2}=15$ нс, $j= 8$ А/см². Плотность тока пучка ослабляется с помощью набора калиброванных диафрагм

(непроницаемых для электронов пластинок из алюминия с различным числом отверстий). При этом энергетический спектр электронов остается неизменным;

- для оптического возбуждения используется излучение импульсного лазера N_2 ($\lambda = 337,1$ нм, $t_{1/2} = 5$ нс, $E = 1$ мДж).

Установка служит для измерения спектрально - кинетических характеристик при селективном и неселективном возбуждении. Излучение люминесценции от образца направляется с помощью кварцевой линзы через монохроматор на фотоумножитель ФЭУ-106, ФЭУ-84-6, далее электрический сигнал регистрируется осциллографом LECROY 6030 (350 MHz) с минимальным временным разрешением 7 нс. Установка рассчитана на экспериментальные исследования в области температур 80-750 К.

Для катодовозбуждения регулировку токового импульса можно осуществить при помощи срезающего разрядника, срезав его задний фронт. Для фиксации образца в установке Импульс-1 предусмотрена вакуумная ячейка с медным держателем, где образцы закрепляются под углом 45° . (рисунок – 12). Держатель расположен вдоль оси пучка и удален от сетки анода на 35мм. Непосредственно за сеткой анода установлена фольга толщиной 10 мкм, необходимая для отсечения ионного компонента плазмы, которая генерируется в ускоряющем промежутке вакуумного диода.

Для записи неискаженных по форме осциллограмм наносекундной длительности необходимо согласование входного сопротивления с сопротивлением передающей линии (1К Ом или 50 Ом).

Для регистрации инерционно протекающих процессов, необходима последовательность срабатывания отдельных блоков (питания фотоумножителя, генератора развертки осциллографа). Синхронизация обеспечивается шестиканальным генератором задержанных импульсов ГИ-1(5) с точностью не ниже 100 нс.

Для регистрации интегральных спектров использовался спектрометр AvaSpec-2048, время интегрирования находится в области от 1,10 миллисекунд до 10 минут. Для измерения спектров поглощения использовался

стационарный спектрофлуоресцентный комплекс включающий в себя два монохроматора МДР-206.

Ниже в таблице 3 приведены основные параметры экспериментальной установки.

Таблица 3 – Основные параметры экспериментальной установки «Импульс-1»

Спектральный диапазон измерений		(210...1200) нм
Временной интервал		$(7 \cdot 10^{-9} \dots 10^4)$ с
Временное разрешение		$7 \cdot 10^{-9}$ с
Температурный диапазон измерений		(80 – 750) К
Длительность электронного импульса возбуждения		(5...20) нс
Максимальная плотность мощности		10 Вт/см ²
Максимальная энергия в импульсе		2 Дж
Диапазон значений флюенса энергии электронного пучка за импульс		(2 – 500) мДж/см ²
Обратная линейная дисперсия монохроматора МДР-3 в области	200...600 нм	1,3нм/мм
	600...1200 нм	2,6нм/мм

3 Спектрально-кинетические характеристики люминесценции и оптические свойства стёкол легированных Tb³⁺/Pr³⁺ с различной концентрацией Pr³⁺

3.1 Оптические свойства

Исследованы спектры поглощения и возбуждения, для серии стекол содержащих ионы тербия и празеодима. В спектре пропускания для всех образцов регистрируются пики поглощения с максимумами 485 нм, связанный, по всей видимости, с f-f переходами в ионе тербия и пик в области 590 нм.

Увеличение концентрации ионов празеодима приводит к некоторому увеличению полос поглощения в области 450 нм и 590 нм (рисунок - 15) однако

полосы регистрируется в образцах, независимо от концентрации празеодима. В видимой области образцы прозрачны – коэффициент пропускания составляет около 85%.

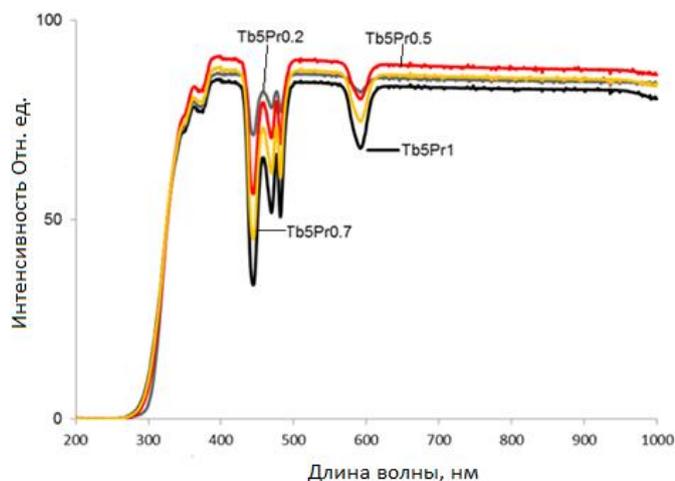


Рисунок 15 – Спектр оптического пропускания образцов стекол легированных Tb/Pr с различной концентрацией Pr

Изучены спектры возбуждения стекол легированных ионами тербия и празеодима в полосах 544 и 620 нм с разной концентрацией празеодима, на рисунках 48-49 показаны спектры возбуждения всех образцов.

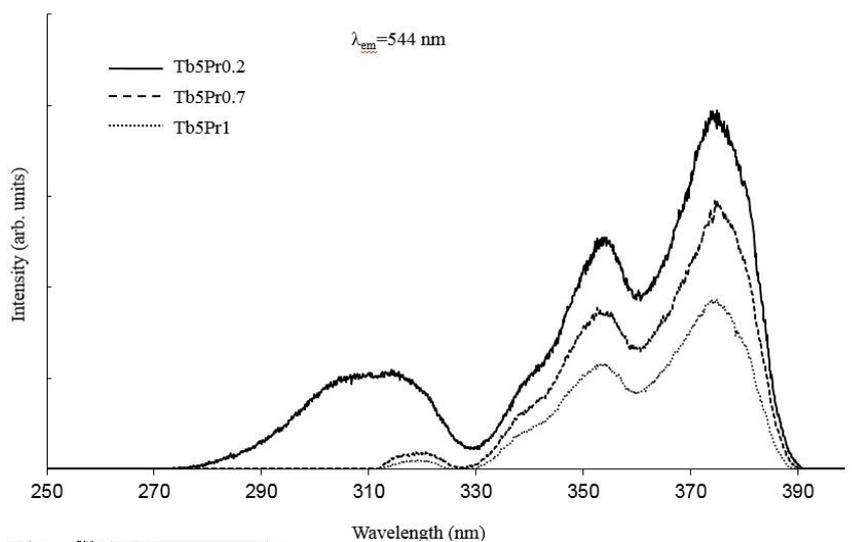


Рисунок 16 – Спектр возбуждения полосы люминесценции в области 544 нм

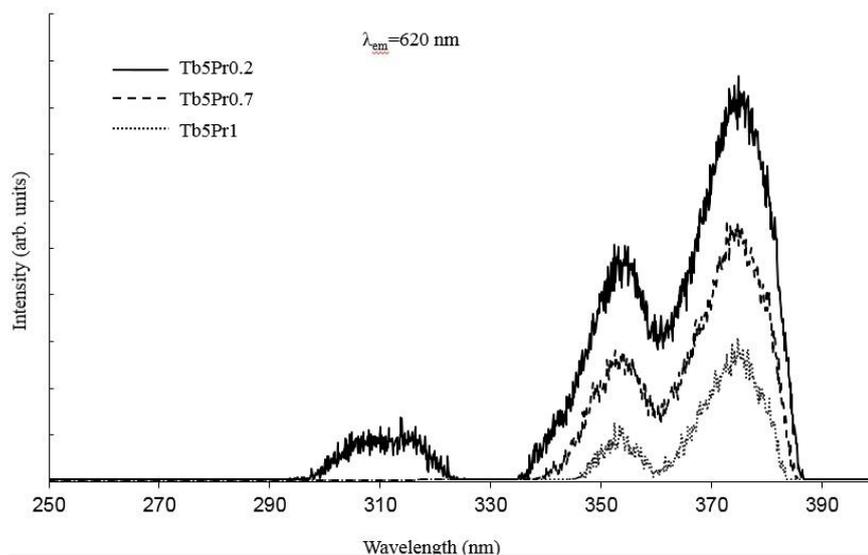


Рисунок 17 – Спектр возбуждения полосы люминесценции в области 620 нм

Анализ спектров возбуждения показывает, что эффективность возбуждения свечения тербия в полосах 355, 378 нм уменьшается с ростом количества ионов празеодима. Широкая полоса с максимумом в области 310 нм регистрируется только в образцах с минимальной концентрацией празеодима.

3.2 Импульсная фотолюминесценция

Для установления полос возбуждения, на спектрофотометре была измерена фотолюминесценция образцов стекол содержащие ионы Tb и Pr, возбуждение осуществлялось на 375 нм (рисунок – 18). Как можно видеть, рост концентрации ионов празеодимии приводит к тушению свечения ионов тербия.

Получены спектры люминесценции стекол, активированных Tb/Pr, при возбуждении излучением с разными длинами волн: $\lambda_{в}=350\text{нм}$ и $\lambda_{в}=450\text{нм}$ (Рис 19 и Рис. 20 соответственно). Видно, что интенсивность люминесценции изменяется с изменением концентрации празеодима. Излучение люминесценции находится в видимой области спектра в диапазоне от 400 до 800 нм. В спектре фотолюминесценции регистрируются множество полос. К тому же, при возбуждении излучением с большей длиной волны, количество пиков люминесценции значительно уменьшается.

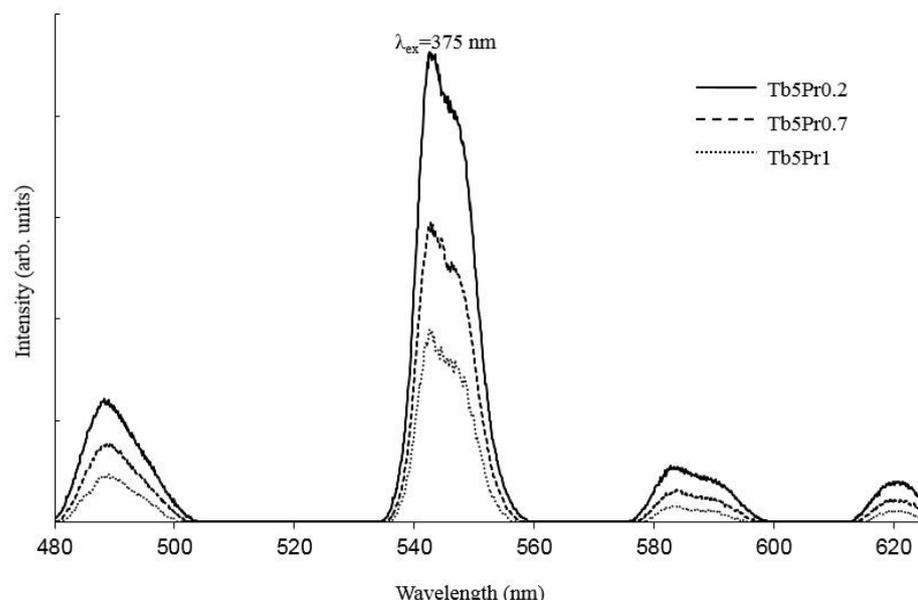


Рисунок 18 – Фотолюминесценция образцов стекол содержащих ионы Tb, Pr

Также, присутствует интенсивная линия с максимумом 550 нм в первом случае, и 600 нм – во втором, при этом интенсивность свечения во втором случае больше. По видимому полоса в области 600 нм соответствует ионам тербия; широкие диффузные полосы излучения празеодима слабее по интенсивности, находятся в диапазоне 400 - 500 нм.

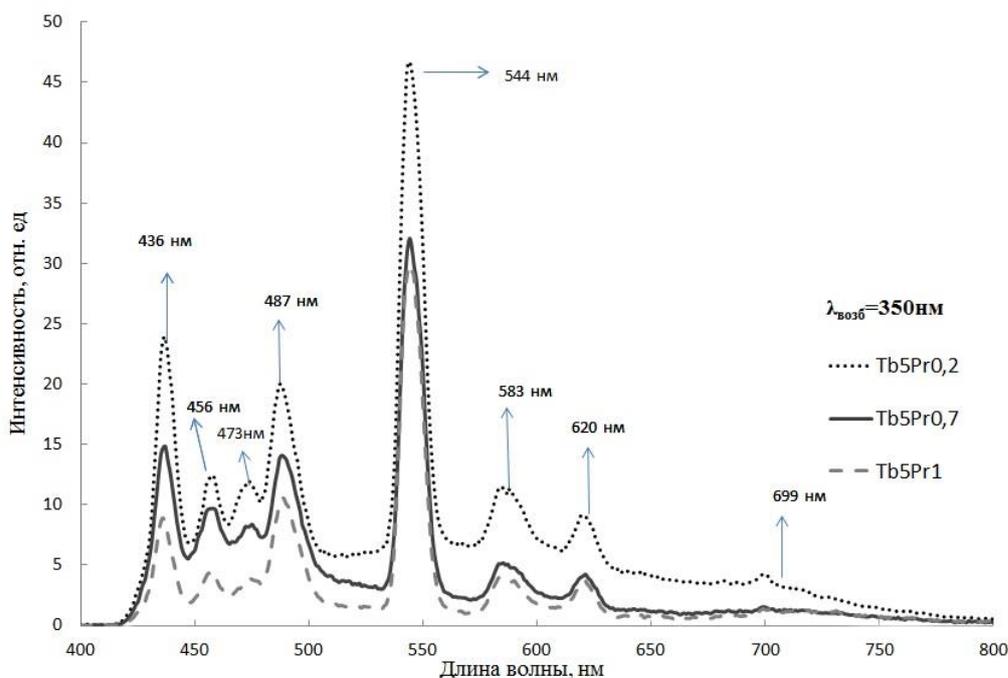


Рисунок 19 – Спектр фотолюминесценции стекол Tb/Pr при возбуждении излучением $\lambda_{в} = 350 \text{ нм}$

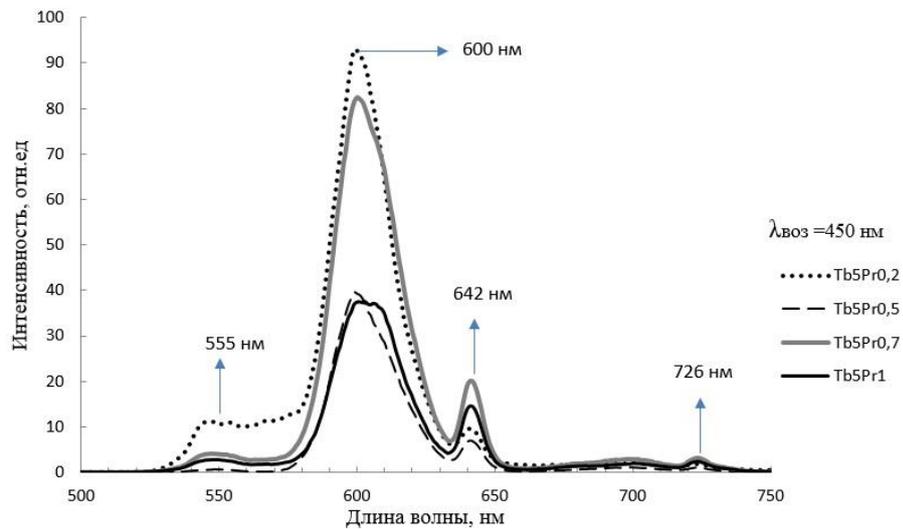


Рисунок 20 – Спектр фотолюминесценции стекол Tb/Pr при возбуждении излучением $\lambda_{\text{воз}} = 450\text{ нм}$

3.3 Импульсная катодолуминесценция

Были проведены исследования влияния концентрации ионов празеодима в стекле на интенсивность люминесценции ионов тербия. Интегральный спектр люминесценции образцов стекол активированных ионами тербия и празеодима без соактиваторов, представлен на рисунках 21-22.

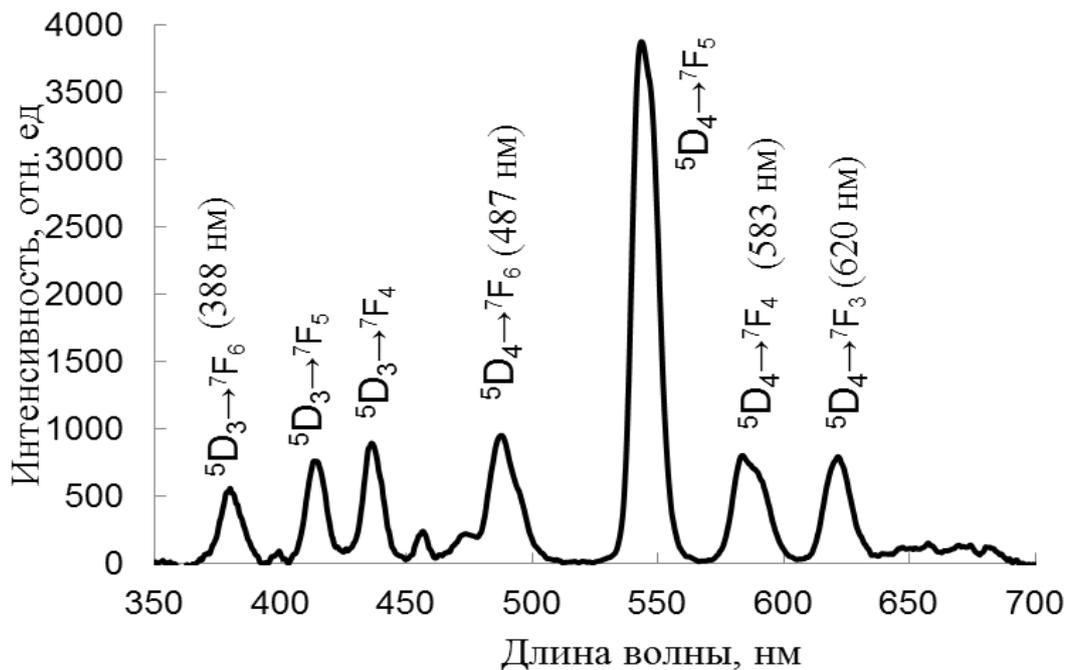


Рисунок 21 – Интегральный спектр стекол активированных Tb

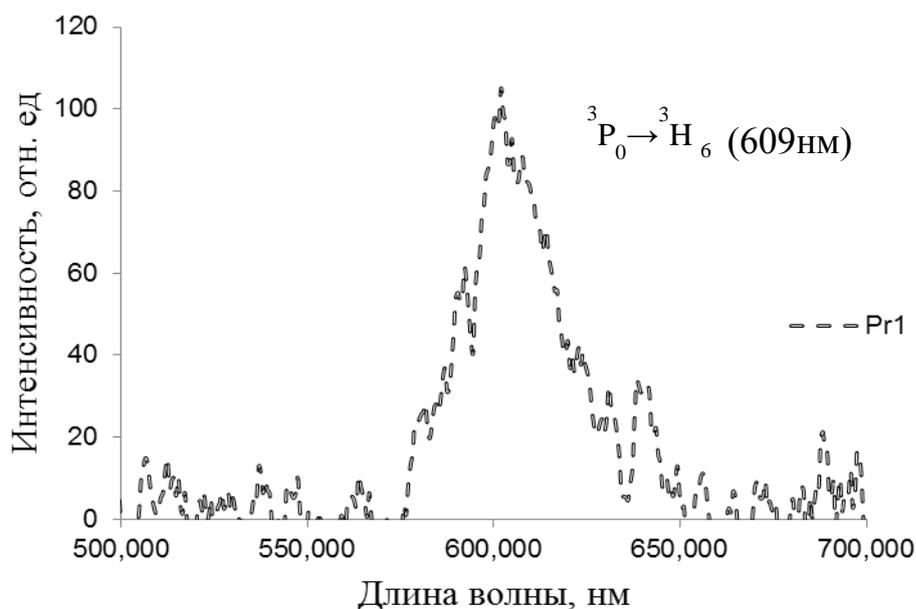


Рисунок 22 – Интегральный спектр стекол активированных Pr.

Для интегральный спектра катодолюминесценции стекол, где в качестве активатора выступают ионы тербия, характерно наличие полос во всем видимом диапазоне спектра. Регистрирующие полосы обусловлены соответствующим переходам в ионе тербия с уровней 5D_3 и 5D_4 : 380 нм ($^5D_3 \rightarrow ^7F_6$), 414 нм ($^5D_3 \rightarrow ^7F_5$), 437 нм ($^5D_3 \rightarrow ^7F_4$), 490 нм ($^5D_4 \rightarrow ^7F_6$), 545 нм ($^5D_4 \rightarrow ^7F_5$), 588 нм ($^5D_4 \rightarrow ^7F_4$), 620 нм ($^5D_4 \rightarrow ^7F_3$) (см. рис. 21).

Для интегрального спектра люминесценции стекол активированных только ионами празеодима характерна полоса свечения с максимумом на 605 нм в диапазоне от 350 до 450 (см. рис. 22). Излучение этого образца находится в коротко временном интервале времени, что использование данной методики регистрации не позволяет получить более точных результатов.

Для спектра люминесценции образцов активированных Tb/Pr обнаружено уменьшение интенсивности полос находящихся в УФ области спектра по сравнению с образцами активированными только ионами Tb.

Максимальная интенсивность свечения при электроном возбуждении для стекол активированных Tb/Pr наблюдается для образцов содержащих тербий с концентрацией празеодима 0,2 и 0,5 вес.%. С увеличением концентрации Pr наблюдается уменьшение интенсивности свечения в полосах 490, 544, 588, 620

нм. Такая закономерность наблюдается для всех полос в исследованном спектральном диапазоне (см. рис 23).

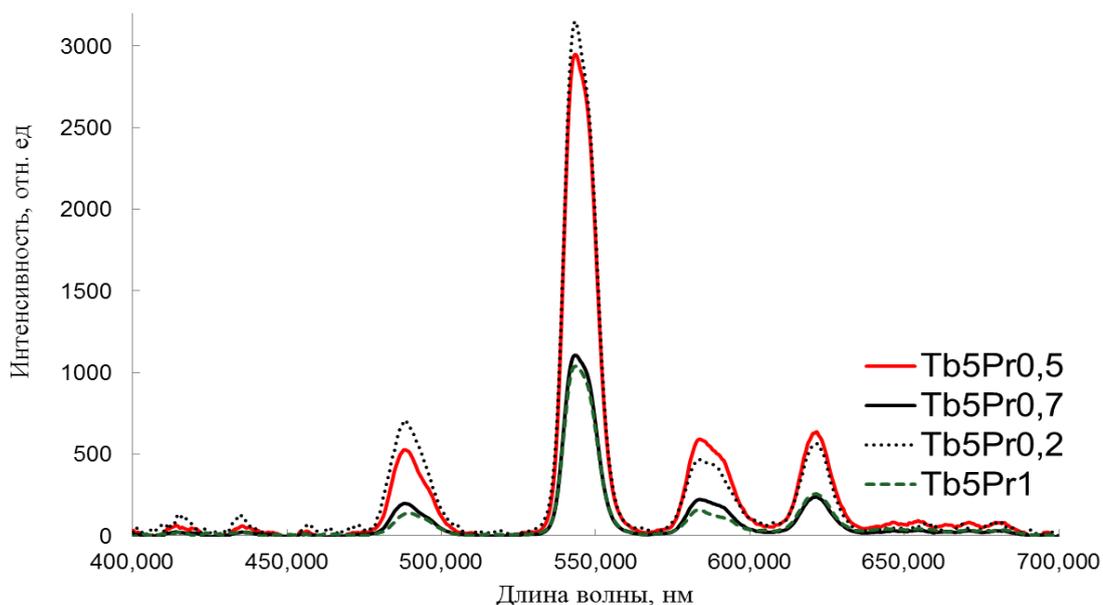


Рисунок 23 – Интегральный спектр стекол активированных Tb^{3+} / Pr^{3+}

Измерены спектры с временным разрешением 10 мкс и 1 мс. Для них характерны полосы люминесценции по всему видимому диапазону спектра. С максимумом в области 605 нм. По-видимому, это излучение возникает в ионах Pr^{3+} (см. рис 24).

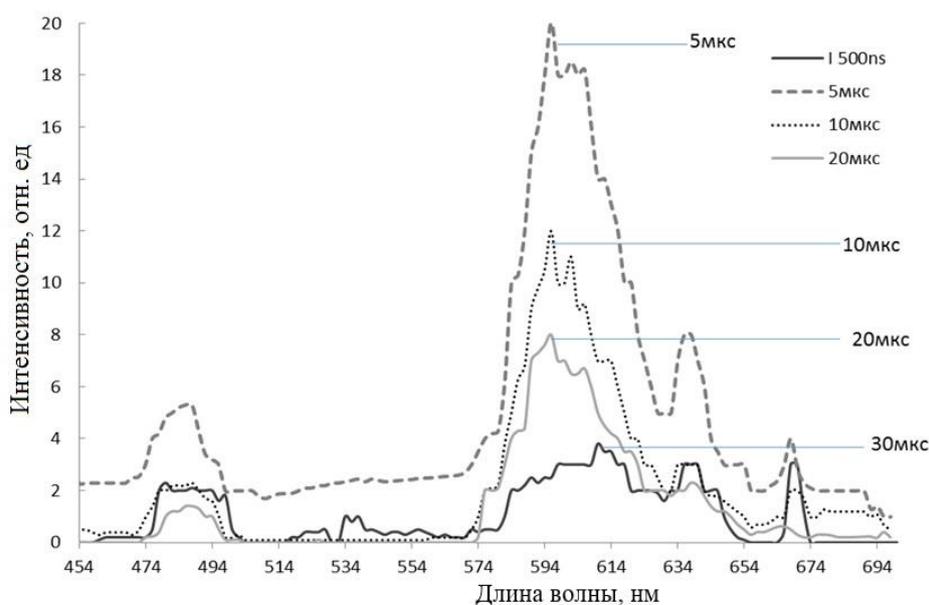


Рисунок 24 – Спектр с временным разрешением 10 мкс, катодолюминесценции образца стекла Tb5Pr.

Для спектра с миллисекундным временным разрешением, (см. рис. 25) характерны аналогичные интегральному спектру полосы свечения на 490, 545, 585, 615 нм, как уже упоминалось, за все эти полосы ответственны ионы Tb^{3+} .

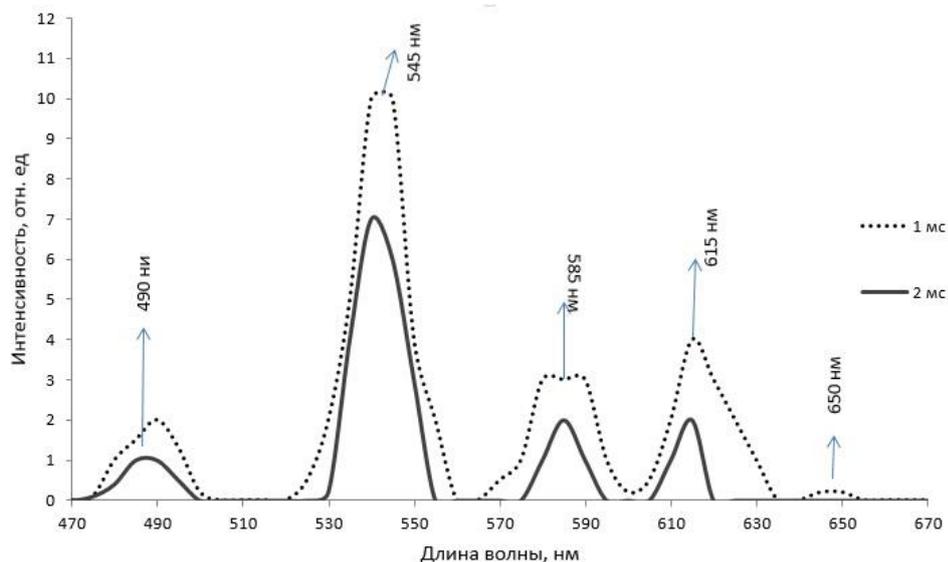


Рисунок 25 – Спектр катодолюминесценции образца стекла Tb5Pr1

3.4 Кинетики затухания люминесценции

Исследованы кинетики затухания люминесценции стекол легированных Tb и Pr с различной концентрацией ионов Pr при возбуждении потоком ускоренных электронов во всех основных полосах. Все кинетики обрабатывались в программе Origin. Выявлено что для стекол характерна сложная кинетика затухания которая хорошо описывается двумя компонентами, где характеристическое время затухания изменяется от концентрации празеодима.

Обнаружена тенденция уменьшения времени затухания с ростом концентрации празеодима в полосах 489 нм, 543 нм, 585 нм, 622 нм. (рис. 26 – а,б,в,г).

Для сравнения все характеристических времен затухания люминесценции образцов все значения приведены в таблице 4.

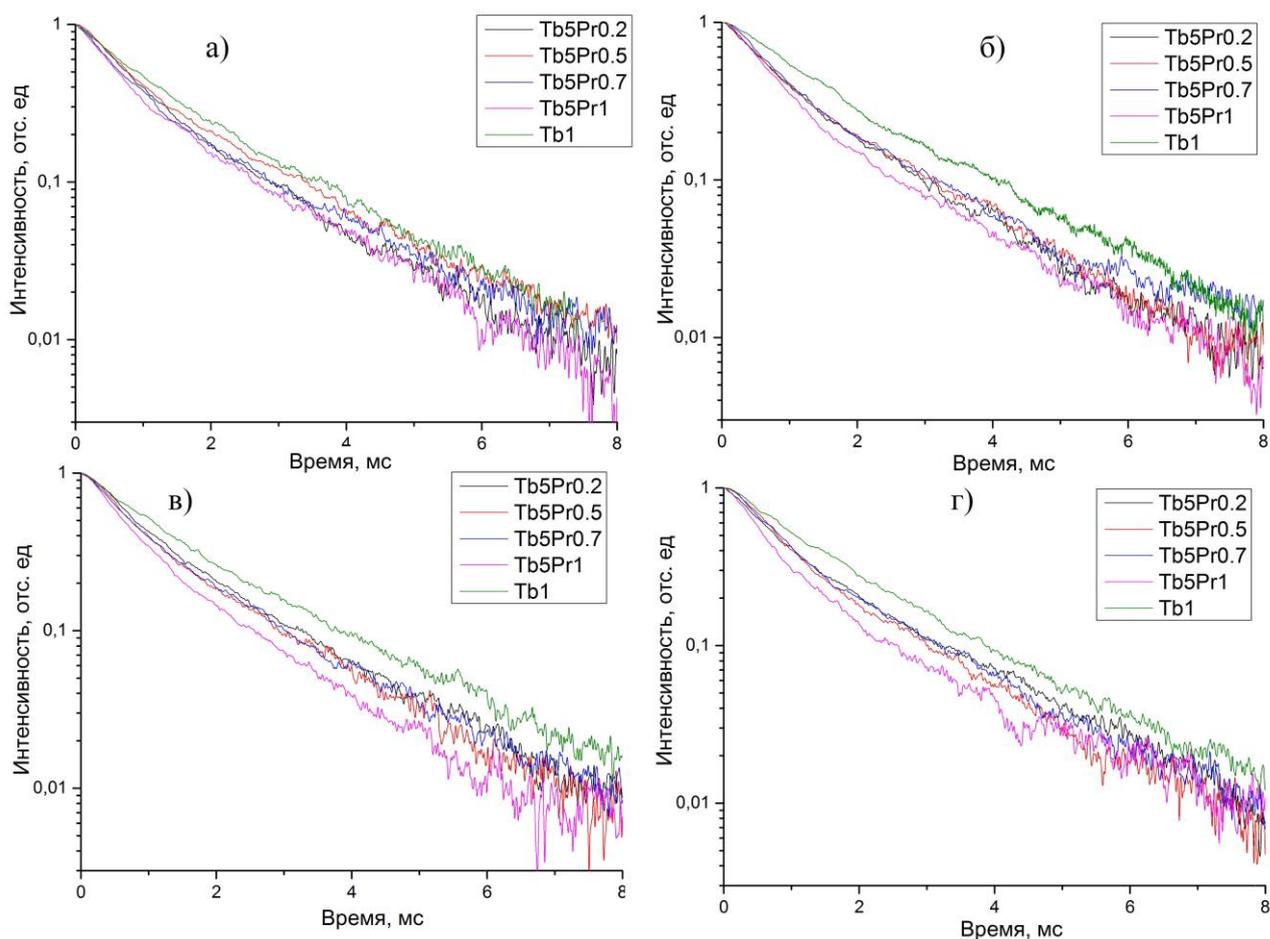


Рисунок 26 – Кинетики затухания люминесценции стекол легированных Tb³⁺ / Pr³⁺ с различной концентрацией празеодима, в полосе а-490нм, б-545 нм, в-585нм, г-622нм.

Таблица – 4 Времена затухания катодолюминесценции образцов легированных Tb/Pr

Образец	489 нм	543 нм	585 нм	622 нм
Tb ₁	$\tau_1 = 0,86$ мс $\tau_2 = 2,6$ мс	$\tau_1 = 1,42$ мс $\tau_2 = 2,6$ мс	$\tau_1 = 1,1$ мс $\tau_2 = 2,8$ мс	$\tau_1 = 1,2$ мс $\tau_2 = 2,8$ мс
Tb ₅ Pr _{0,2}	$\tau_1 = 0,85$ мс $\tau_2 = 2,59$ мс	$\tau_1 = 0,86$ мс $\tau_2 = 2,02$ мс	$\tau_1 = 0,86$ мс $\tau_2 = 2,59$ мс	$\tau_1 = 0,8$ мс $\tau_2 = 2,35$ мс
Tb ₅ Pr _{0,5}	$\tau_1 = 0,7$ мс $\tau_2 = 2,23$ мс	$\tau_1 = 0,7$ мс $\tau_2 = 2,02$ мс	$\tau_1 = 0,75$ мс $\tau_2 = 2,3$ мс	$\tau_1 = 0,75$ мс $\tau_2 = 2,3$ мс
Tb ₅ Pr _{0,7}	$\tau_1 = 0,64$ мс $\tau_2 = 2,23$ мс	$\tau_1 = 0,67$ мс $\tau_2 = 2,4$ мс	$\tau_1 = 0,67$ мс $\tau_2 = 2,2$ мс	$\tau_1 = 0,67$ мс $\tau_2 = 2,26$ мс
Tb ₅ Pr ₁	$\tau_1 = 0,57$ $\tau_2 = 1,95$ мс	$\tau_1 = 0,57$ мс $\tau_2 = 1,95$ мс	$\tau_1 = 0,65$ мс $\tau_2 = 1,8$ мс	$\tau_1 = 0,6$ мс $\tau_2 = 1,8$ мс

Уменьшение времени затухания люминесценции стекол при увеличении концентрации празеодима можно объяснить различным строением электронных оболочек празеодима и тербия. При чем между электронными уровнями Tb и Pr есть связь в виде безызлучательных каналов энергии. Можно предположить что безызлучательный переход энергии осуществляется с высокоэнергичных уровней тербия на уровень празеодима. В качестве подтверждения этой теории свидетельствуют выше перечисленные полученные данные по спектрам возбуждения и фотолюминесценции стекол (рисунок 16-20), при увеличении концентрации празеодима интенсивность люминесценции стекол уменьшается. Ионы празеодима переходят в возбужденное состояние с дальнейшим излучательным переходом при 2,7 эВ, а ионы тербия 3,5 эВ.

Исследованы кинетические кривые люминесценции для образца Pr 1 в полосах 488 нм, 638нм, 668 нм и 600 нм (см. рис. 27 а,б). Для всех полос характерно различие времени затухание люминесценции. Экспериментально установлено что самое долговременное свечение для этого образца находится в полосе в области 605 нм, и хорошо описывается суммой трех экспонент. τ длинновременной стадии составляет 26 мкс. (см. рис. 27 б).

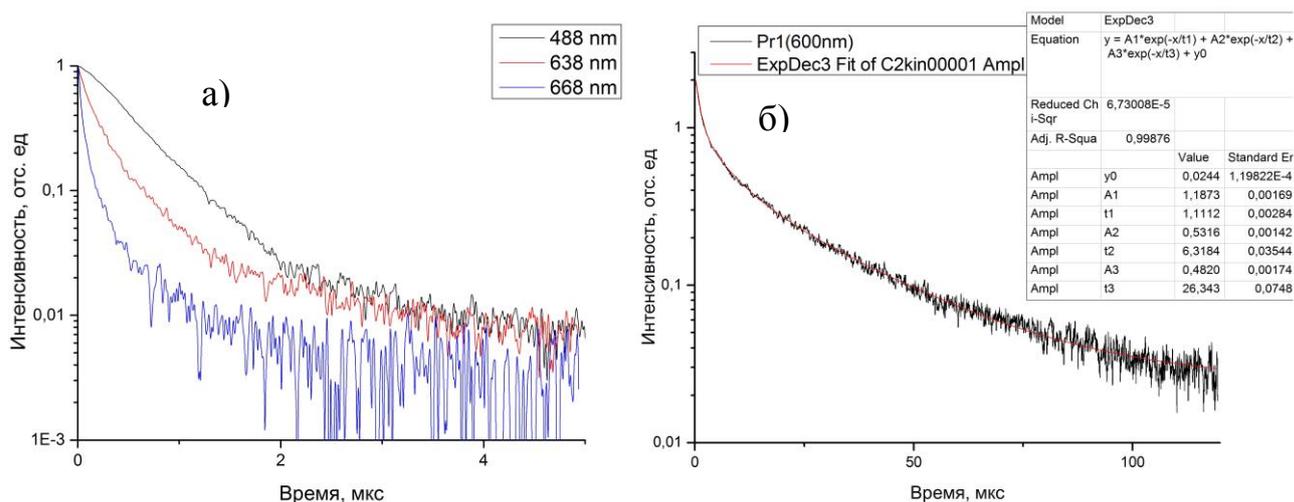


Рисунок 27 – Кинетики затухания люминесценции стекол легированных Pr в полосах а), 488 нм, 638нм, 668 нм и б), 600 нм

Более подробно все характеристические времена затухания для кинетик в основных полосах люминесценции стекла легированного Pr представлены в виде таблицы 5.

Таблица – 5 Времена затухания образца легированного Pr

Образец	488 нм	638нм	668 нм	600 нм
Pr1	$\tau_1 = 0,09$ мкс $\tau_2 = 0,33$ мкс $\tau_3 = 2,46$ мкс	$\tau_1 = 0,06$ мкс $\tau_2 = 0,24$ мкс $\tau_3 = 0,82$ мкс	$\tau_1 = 0,03$ мкс $\tau_2 = 0,73$ мкс $\tau_3 = 0,2$ мкс	$\tau_1 = 1,1$ мкс $\tau_2 = 6$ мкс $\tau_3 = 26,3$ мкс

3.5 Кинетические характеристики люминесценции стекол при изменении плотности возбуждения

Исследованы кинетические кривые люминесценции образцов при изменении плотности возбуждения. Плотность возбуждения менялась при помощи использования диафрагм, которые в свою очередь ослабляли поток на определенное значение, в интервале от 12 до 190 мДж/см².

При увеличении плотности энергии возбуждения, наблюдается увеличение интенсивности свечения.

По результатам полученных данных можно сделать предположение что

Люминесценция стекол является внутри центральной, и увеличение плотности энергии возбуждения до 190 мДж/см² не оказывает влияние на изменение характеристического времени затухания основных полос (см.рис.28).

Для анализа зависимости характеристического времени затухания люминесценции от плотности возбуждения для образца Tb5Pr1, полученные значения τ для всех полос приведены в таблице 6.

Таблица – 6 Времена затухания катодолюминесценции образца Tb5Pr, при изменении плотности возбуждения

мДж/см ²	413 нм	433 нм	543 нм	484 нм	609 нм	639 нм
12	4,76	6	2,1	2,4	4,44	1,39
36	4,81	4	1,9	1,2	2,59	1,39
96	5,4	5,1	1,9	2	3,2	1,4
192	5,5	5,1	2	3,9	5,56	1,45

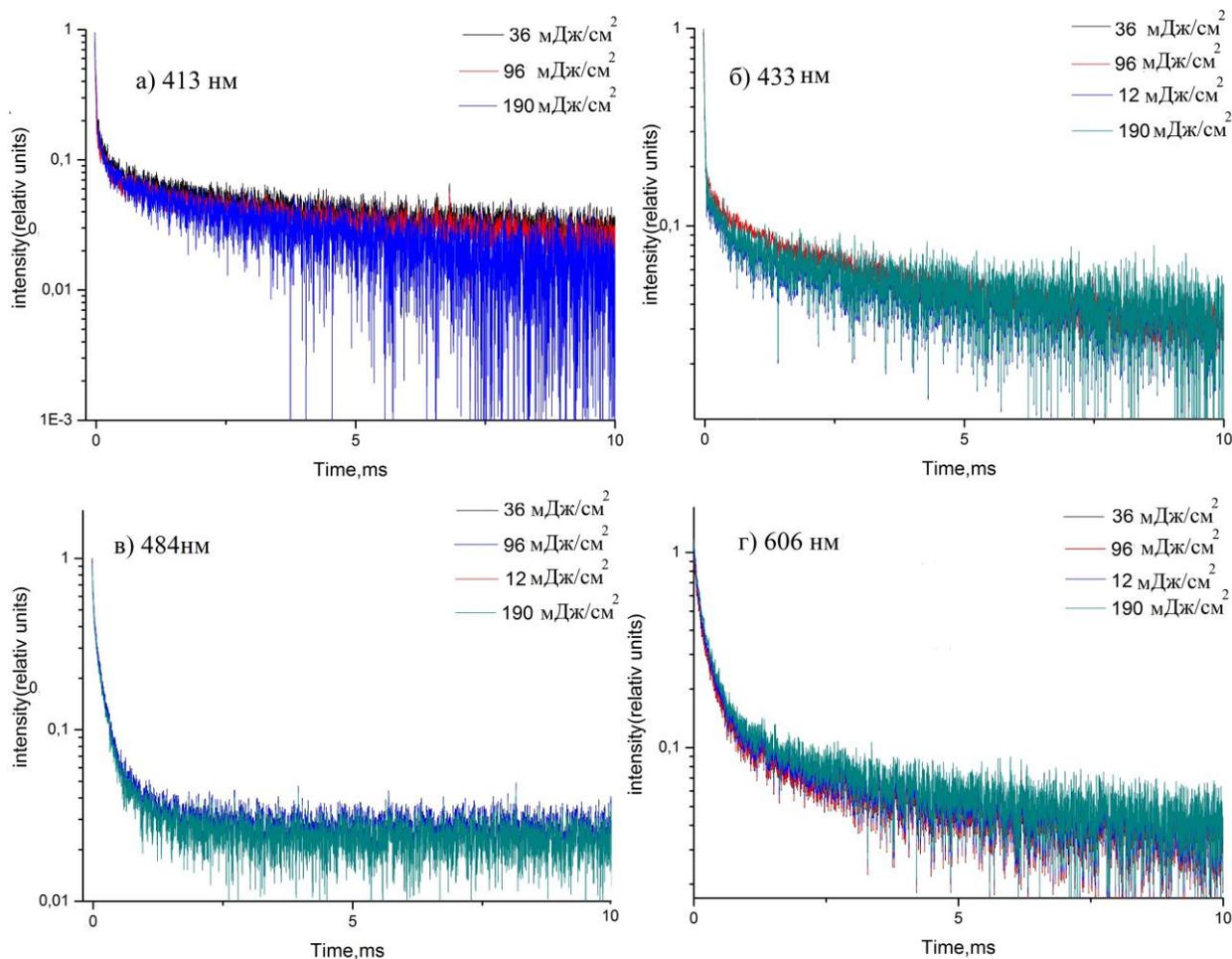


Рисунок 28 – Зависимость характеристического времени затухания люминесценции образца Tb5Pr1, от плотности возбуждения в полосах: а – 413 нм, б – 433, в – 484 нм, г – 606 нм.

3.6 Исследование светосуммы выхода и цветовой температуры

Измерены координатах цветности для образцов с различной концентрацией празеодима. Информация о координатах цветности является принципиально важной для характеристики излучательных свойств источников света, но малоинформативной для изучения физических процессов в стеклах.

При увеличении концентрации празеодима, цветность катодолюминесценции смещается в синюю область спектра. Полученные координаты цветности приведены на локусе (рисунок – 29) и в виде таблицы - 7.

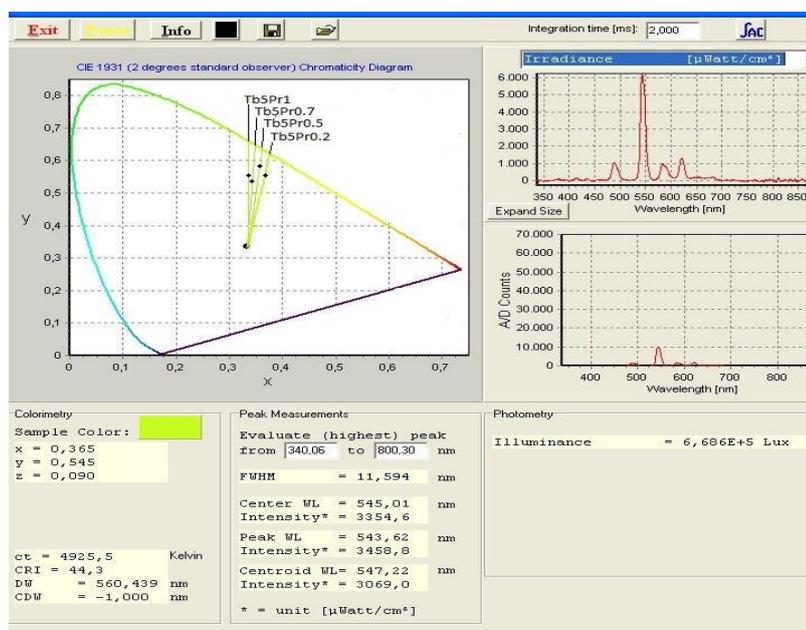


Рисунок 29 – Координаты цветности стекол, легированных Tb^{3+} / Pr^{3+} с различной концентрацией празеодима

Таблица - 7 Кординаты цветности стекол при ИКЛ

Наименование образца	x	y	z
Tb5Pr0.2	0.365	0.545	0.090
Tb5Pr0.5	0.362	0.576	0.063
Tb5Pr0.7	0.342	0.536	0.122
Tb5Pr1	0.380	0.556	0.055

Проанализирована светосумма катодолюминесценции стекол, с точеного участка на поверхности образцов, щели монохроматора были уменьшены до минимальных значений, при помощи ФЭУ сигнал регистрировался на осциллографе и был проинтегрирован по времени. Обнаружено, что увеличение концентрации празеодима приводит к уменьшению светосуммы катодолюминесценции. Это объясняется тем, что при увеличении концентрации празеодима возникает концентрационное тушение люминесценции. Представлена зависимость световыхода от концентрации празеодима для сцинтилляционных стекол активированных Tb/Pr рисунок 31.

В качестве примера расчета интегрирования представлен результат для образца Tb5Pr0.7 рисунок – 30.

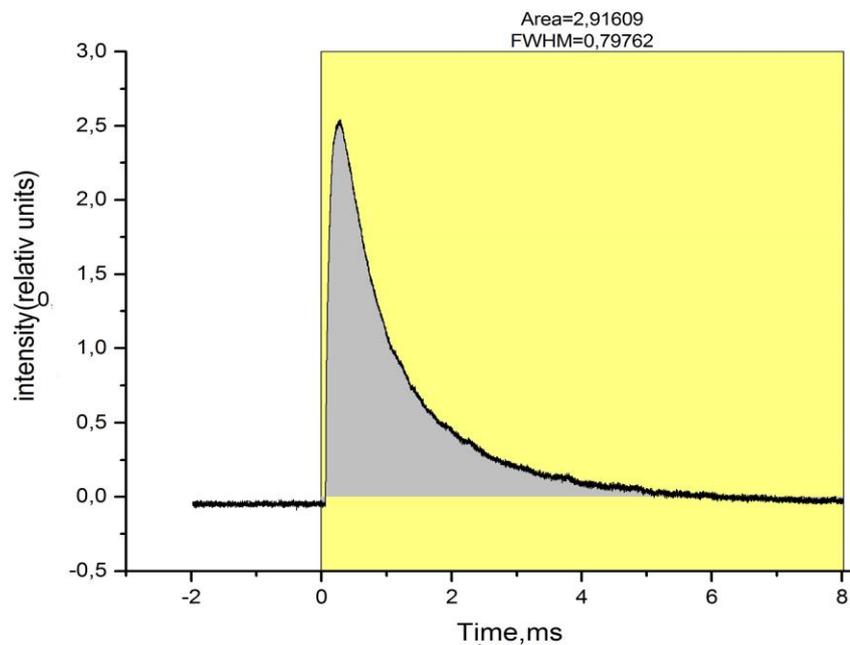


Рисунок 30 – Пример интегрирования излучения

Увеличении концентрации празеодима приводит к уменьшению квантового выхода.

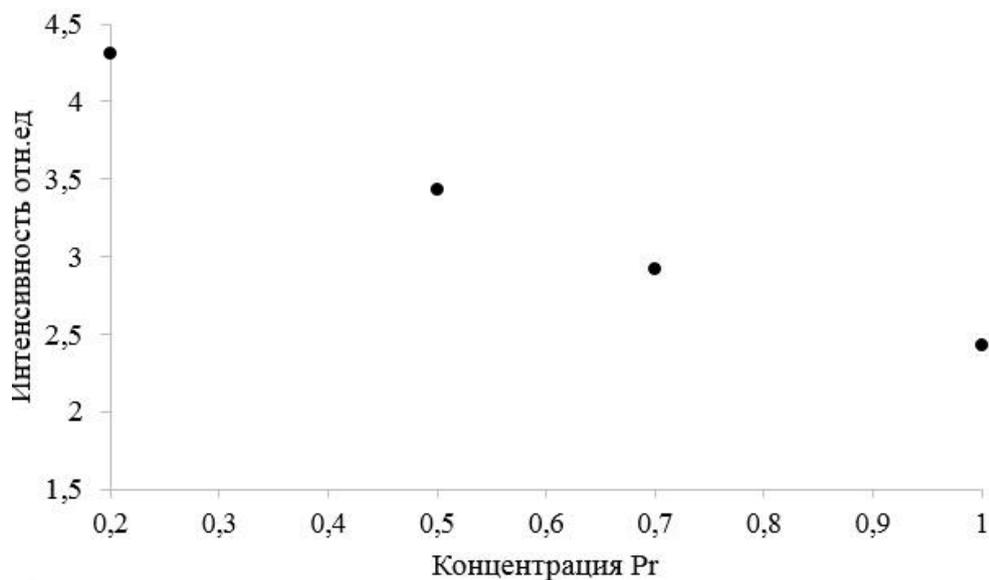


Рисунок 31 – Зависимость световыхода от концентрации празеодима для сцинтилляционных стекол активированных Tb/Pr

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

4.1 Расчет FAST – анализа.

В данной работе, проведен, как наиболее подходящий - FAST – анализ. FAST-анализ выступает как синоним функционально-стоимостного анализа и позволяет найти взаимосвязи между функциями, на основе которых формируется структура модели, т.е. субъективный подход сведен к минимуму. FAST (Методика системного анализа функций) является одним из наиболее сильных и простых инструментов анализа и классификации функций.

Суть этого метода - базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые возникают из-за введения ненужных функций, не имеющих прямого

отношения к назначению объекта, или связаны с несовершенством конструкции, технологических процессов, применяемых материалов, методов организации труда и т.д.[24].

Проведение FAST-анализа предполагает шесть стадий:

1. Выбор объекта FAST-анализа;
2. Описание работы с функциями;
3. Определение значимости выполняемых функций объектом;
4. Анализ стоимости функций выполняемых объектом исследования
5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта, ее анализ;
6. Оптимизация функций выполняемых объектом.

Стадия 1. Выбор объекта FAST-анализа.

В рамках магистерской диссертации в качестве объекта FAST-анализа выступает установка «Импульс-1». В состав установки входит – ускоритель электронов на базе ГИН-600, блок питания и управления ГИНа, генератор импульсов ГИ-1, импульсная лампа ИНП-5-75.

Экспериментальная установка «Импульс-1» предназначена для измерения спектрально-кинетических характеристик люминесценции. Установка содержит три функциональные системы: источник импульсной возбуждающей радиации, импульсный оптический спектрометр и систему синхронизации.

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

1. Главная функция - представляет собой внешнюю функцию, определяющую назначение, сущность и главную цель создания объекта в целом.

2. Основная функция - функция объекта, которая обеспечивает принцип работы объекта и создает необходимые условия для осуществления главной функции. По содержанию основные функции можно разделить: приема (ввода), передачи, преобразования, хранения (вещества, энергии, информации),

выдачи (отдачи) результатов.

3. **Вспомогательная функция**, способствует реализации основных функций. Вспомогательные функции подразделяют на : соединительные, изолирующие, фиксирующие, направляющие, гарантирующие и т.д.

Вся информация полученная при выполнении данной стадии представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
1. Установка « Импульс-1 »	1	Измеряет спектрально кинетические характеристики люминесценции.	X		
2.Фотоумножитель	1	Усиливает электрические падающие сигналы		X	
3.Монохроматор МДР-3	1	Регистрирует кривую изменения монохроматического потока.			X
4. Конденсоры	3	Собирает заряд и энергию электрического поля			X
5.Импульсная лампа ИНП-5-75	1	Осуществляет мгновенное освещение объекта съёмки при излучении		X	
6.Источник питания	1	Обеспечивает работу электронного ускорителя		X	
7.Ускоритель электронов	1	Генерирует электронные пучки		X	
8. Осциллограф	1	Исследует амплитудные и временные параметры электрического сигнала.		X	
9.Форвакуумный насос	1	Обеспечивает откачку камеры и предварительное разрежения вакуумной камеры		X	
10.Диффузионный паромас/ный насос	1	Обеспечивает создание необходимого вакуума в камере		X	

В таблице приведены все основные детали, узлы, процессы, используемые внутри установки вакуумного напыления с описанием функций и их рангов.

В дальнейшем данная классификация будет использоваться при оптимизации установки.

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глущенко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

На *первом этапе* построится матрица смежности функции (табл. 9).

Таблица 9 - Матрица смежности

	1. Установка « Импульс-1 »	2. фотоумножитель	3. монохроматор МДР-3	4. конденсоры	5. импульсная лампа	6. Источник питания	7. ускоритель	8. осциллограф	9. Форвакуумный насос	10. Диффузионный ПН
1. Установка « Импульс-1 »	=	>	>	>	>	>	>	>	>	>
2. Фотоумножитель	<	=	>	>	=	=	=	=	=	=
3. Монохроматор МДР-3	<	<	=	=	<	<	<	<	<	<
4. Конденсоры	<	<	=	=	<	<	<	<	<	<
5. Импульсная лампа ИНП-5-75	<	=	>	>	=	=	=	=	=	=
6. Источник питания	<	=	>	>	=	=	=	=	=	=
7. Ускоритель электронов	<	=	>	>	=	=	=	=	=	=
8. Осциллограф	<	=	>	>	=	=	=	=	=	=
9. Форвакуумный насос	<	=	>	>	=	=	=	=	=	=
10. Диффузионный паромасляный насос	<	=	>	>	=	=	=	=	=	=

Таблица 10 - Матрица количественных соотношений функций

	1. Установка «Импульс-1»	2. фотоумножитель	3. монохроматор МДР-3	4. конденсоры	5. импульсная лампа	6. источник питания	7. ускоритель электронов	8. осциллограф	9. Форвакуумный насос	10. Диффузионный паромасляный насос	ИТОГО
1. Установка «Импульс-1»	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	14,5
2. фотоумножитель	0,5	1	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	10,5
3. монохроматор МДР-3	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	6
4. конденсоры	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	6
5. импульсная лампа ИМП-5-75	0,5	1	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	10,5
6. Источник питания	0,5	1	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	10,5
7. ускоритель электронов	0,5	1	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	10,5
8. осциллограф	0,5	1	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	10,5
9. Форвакуумный насос	0,5	1	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	10,5
10. Диффузионный паромасляный насос	0,5	1	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	10,5
											= 100

Стадия 4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

В лаборатории за установку ответственны два сотрудника: инженер и лаборант. Оклад инженера 15000р., оклад лаборанта 9000р. Каждый из них работает по три часа в день и 3 дня в неделю, а в месяц выходит 36 часов. В таблице 8 приведены расходы на работу данной установки в течение месяца.

Таблица 11 - Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Расходы на материалы Наименование детали	Цена кристалла CsI(CO ₃) 6000р/кг	Вода, 33,5р/м ³	Электроэнергия, 3,23р/ кВт	Вакуумное масло 200р/кг	Жидкий азот, 50р/л	Заработная плата		Итого
						Инженер	Лаборант	
1. Установка « Импульс-1 »	1200	804	387,6	600	800	3214	1928	8933,6
2. фотоумножитель	----	----	387,6	----	----	3214	1928	5529,6
3. монохроматор МДР-3	----	----	387,6	----	----	3214	1928	5529,6
4. конденсоры	----	----	----	----	----	3214	1928	5142
5. импульсная лампа ИИП-5-75	----	----	387,6	----	----	3214	1928	5529,6
6.Источник питания	----	----	387,6	----	----	3214	1928	5529,6
7. ускоритель электронов	1200	----	387,6	----	800	3214	1928	7529,6
8. осциллограф	----	----	387,6	----	----	3214	1928	5529,6
9.Форвакуумный насос	----	----	387,6	----	----	3214	1928	5529,6
10.Диффузионный паромасляный насос	----	804	387,6	600	----	3214	1928	6933,6
								Σ =
								61716,4

В дальнейшем путем суммирования затрат по каждой функции определяется общая стоимость каждой из них. Данная информация используется для построения функционально-стоимостной диаграммы на следующей стадии.

Стадия 5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.

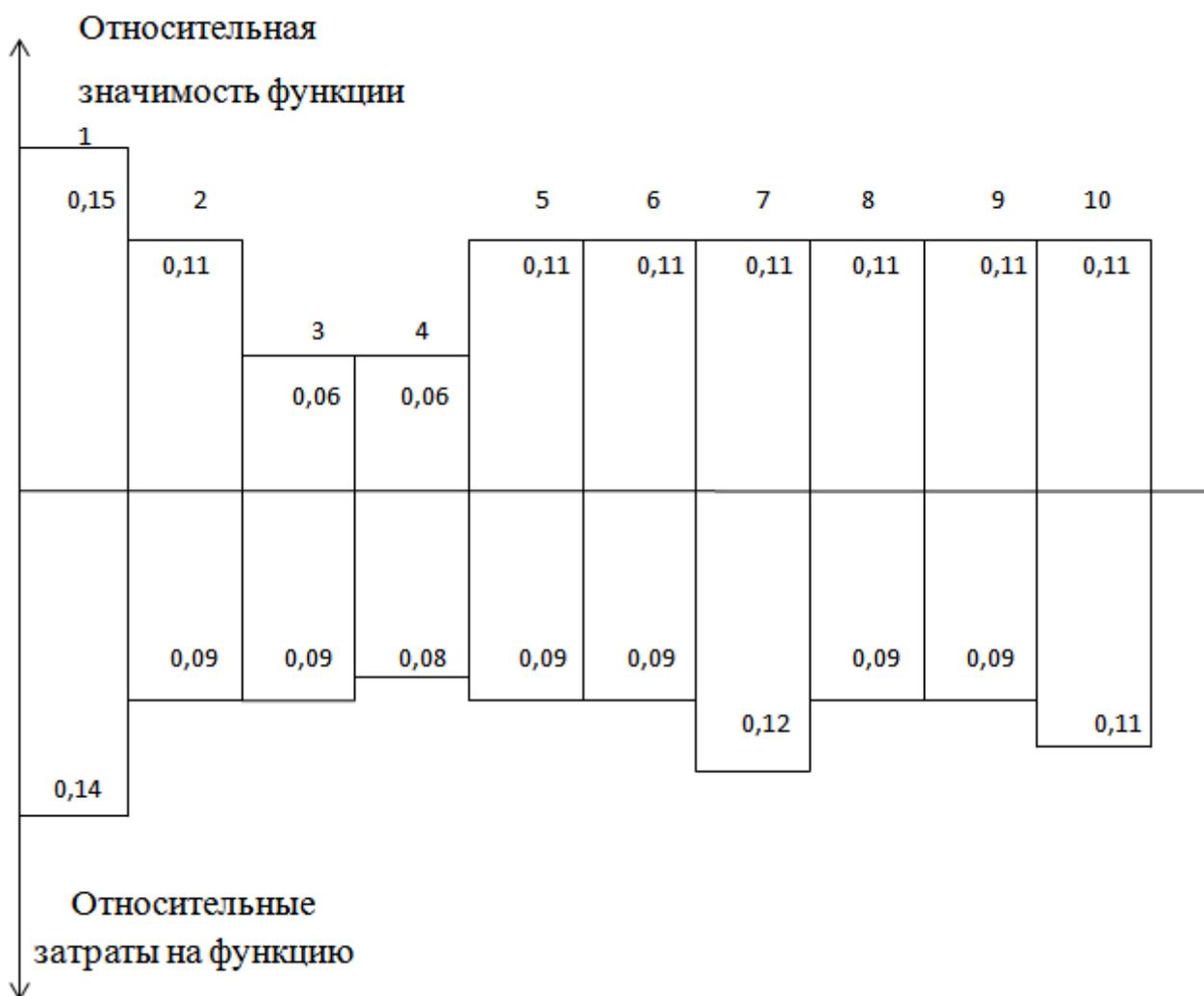


Рисунок 32 - Функционально- стоимостная диаграмма

Построенная функционально-стоимостная диаграмма позволяет выявить диспропорции между важностью (полезностью) функций и затратами на них.

Анализ приведенной выше ФСД показывает явное наличие рассогласования по функциям 3, 4. Необходимо провести работы по ликвидации данных диспропорций.

Таблица 11 - Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали	Расходы на материалы	Цена кристалла CsI(CO ₃) 6000р/кг	Вода, 33,5р/м ³	Электроэ нергия, 3,23 р/кВт	Вакуумное масло 200р/кг	Жидкий азот, 50р/л	Заработная плата		Итого
							Инженер	Лаборант	
1. Установка « Импульс-1 »		1200	804	387,6	600	800	3214	1928	8933,6
2. фотоумножитель		----	----	387,6	----	----	3214	1928	5529,6
3. монохроматор МДР-3		----	----	387,6	----	----	----	1928	2315,6
4. конденсоры		----	----		----	----	----	1928	1928
5. импульсная лампа ИНП-5-75		----	----	387,6	----	----	3214	1928	5529,6
6. Источник питания		----	----	387,6	----	----	3214	1928	5529,6
7. ускоритель электронов		1200	----	387,6	----	800	3214	1928	7529,6
8. осциллограф		----	----	387,6	----	----	3214	1928	5529,6
9. Форвакуумный насос		----	----	387,6	----	----	3214	1928	5529,6
10. Диффузионный паромаляный насос		----	804	387,6	600	----	3214	1928	6933,6
									$\Sigma =$ 55288,4

Чтобы уменьшить расходы на работу мы сократили работу инженера на функции 3,4, и пересчитали затраты, составили таблицу 9, и на основе этого построили функционально- стоимостную диаграмму (Рис. 33.).

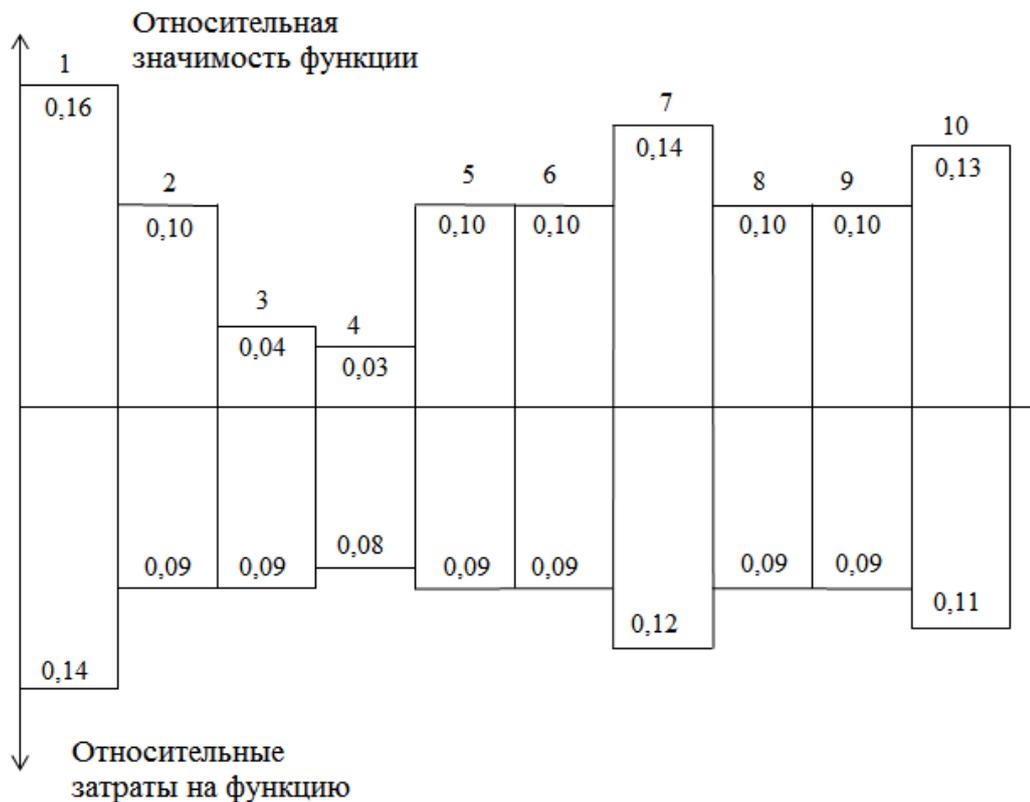


Рисунок 33 - Функционально- стоимостная диаграмма после оптимизации

Стадия 6. Оптимизация функций выполняемых объектом.

За счет устранения рабочего резерва на функции 3,4 мы снизили затраты на работу установки. А также проведя оптимизацию параметров надежности и повышения ремонтпригодности данных функции мы смогли провести работу по ликвидации выявленных диспропорций. В качестве оптимизации параметров надежности мы выбрали более высококачественный металл обеспечивающий больший запас прочности и износостойкости отдельных узлов, увеличилось точность получаемых результатов.

В заключении можно сказать, что после проведение Fast анализа нашей установки, перед нами была поставлена цель повышения качества работы при уменьшений уровня затрат. Мы сократили работу инженера на вспомогательных функциях, провели классификацию функции выполняемые данной установкой, и выявили относительную значимость каждой из них. Благодаря устранению рабочего резерва сумели уменьшить расходы установки, сохраняя качества работы.

4.2 Инициация проекта

В качестве устава проекта бизнес-потребностей, выступают результаты по люминесцентной спектроскопии образцов стекол активированных тербием и празеодимом при возбуждении электронным пучком и УФ излучением. Данные результаты являются совокупностью полученной экспериментально информации, и представляют собой ценность для понимания физических процессов.

Таблица 12 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Ли Синьлей магистрант кафедры Лист	Теоретическое обоснование экспериментальных результатов, для возможного дальнейшего применения их в опто-электронной промышленности.
Полисадова Е.Ф Доцент кафедры Лист	Теоретическое обоснование экспериментальных результатов, с дальнейшим опубликованием их в высоко рейтинговых журналах
Ваганов В.А ассистент кафедры Лист	Публикации полученных результатов в высоко рейтинговых журналах

Таблица 13 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Получение экспериментальной информации, при минимально обоснованных затратах для дальнейшего практического применения в опто-электронной промышленности.
Ожидаемые результаты проекта:	Теоретическое обоснование экспериментальных результатов, для возможного дальнейшего опубликования их в высоко рейтинговых журналах и дальнейшего внедрения их в производство сцинтилляционных стекол.
Критерии приемки результата проекта:	Данные результаты должны полностью быть обоснованы с научной точки зрения, а применение таких стекол должно соответствовать предъявляемым техническим параметрам, по цене ниже чем для установленной в настоящее время кристаллическим
Требования к результату проекта:	Требование:
	Подробное исследование методом импульсной люминесцентной спектроскопии, стекол легированных РЗИ, на установки Импульс-1, с расчетом затрат методом FAST-анализа.

Таблица 14 – роль заинтересованных лиц в проекте

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Ли Синьлей магистрант кафедры Лист	Дипломник.	Реализация проекта	300
2	Полисадова Е.Ф Доцент кафедры Лист	Научный руководитель проекта	Контроль на всех этапах связанных с реализацией проекта	100
3	Ваганов В.А ассистент кафедры Лист	Консультант проекта	Консультирование на всех этапах связанных с реализацией проекта	50
ИТОГО:				450

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. Представлена на рисунке 34

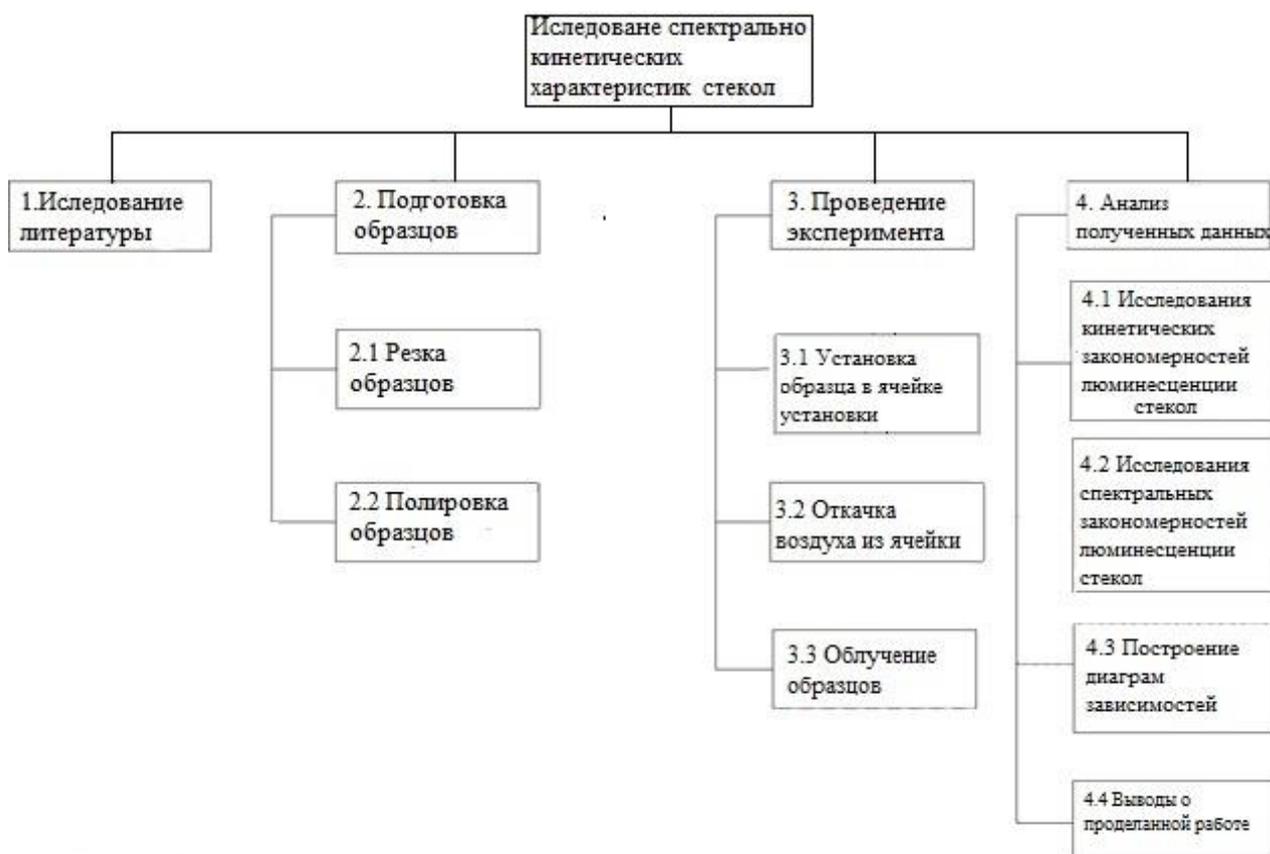


Рисунок 34 – Иерархическая структура работ по проекту

4.3.2 Контрольные события проекта

В рамках данного раздела определялись ключевые события проекта, их даты и полученные результаты, по состоянию на эти даты. Эта информация сведена в таблицу 15

Таблица 15 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Обработка литературы	1.02.2016	Постановление задач на исследование
2	Подготовка образцов	10.02.2016	Начало первой фазы эксперимента
3	Исследование спектральных характеристик	15.02.2016	Начало второй фазы эксперимента
4	Исследование кинетических характеристик	20.02.2016	Получен достаточный объем данных в исследовании
5	Обработка данных	16.03.2016	Составлен отчет о результатах исследования

4.3.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта был построен календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Исследование литературы	16	15.01.2016	1.02.2016	Ли Синлей
2	Подготовка образцов				
2.1	Резка образцов	3	1.02.2016	3.02.2016	Полисадова Е.Ф
2.2	Полировка образцов	2	4.02.2016	5.02.2016	
3	Проведение эксперимента				
3.1	Установка образцов в ячейке	2	14.02.2016	15.02.2016	Ли Синлей Ваганов В.А
3.2	Откачка воздуха из ячейки	1	19.02.2016	19.02.2016	Ли Синлей Ваганов В.А
3.3	Облучение образцов	1	20.02.2016	20.02.2016	Ли Синлей
4	Анализ полученных данных				
4.1	Исследование кинетических закономерностей	6	21.02.2016	26.02.2016	Ли Синлей Ваганов В.А
4.2	Исследование спектральных закономерностей	1	26.02.2016	26.02.2016	Ли Синлей Ваганов В.А
4.3	Построение диаграмм зависимости	2	28.02.2016	29.02.2016	Ли Синлей Полисадова Е.Ф
4.4	Отчет по работе	16	1.03.16	16.03.2016	Ли Синлей
Итого:		50	15.01.2016	16.03.2016	

Таблица 17 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ											
				январь			февраль			март					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Исследование литературы	дипломник	16			■									
2.1	Резка образцов	Руководитель	3				■								
2.2	Полировка образцов	Руководитель	2				■								
3.1	Проведение эксперимента	Дипломник, Исполнитель	2					■							
3.2	Откачка воздуха из ячейки	Консультант, инженер	1					■							
3.3	Облучение образцов	Руководитель, дипломник	1						■						
4.1	Исследование кинетических закономерностей	Консультант, дипломник	6						■						
4.2	Исследование спектральных закономерностей	Исполнитель	1						■						
4.3	Построение диаграмм зависимости	Исполнитель	2						■						
4.4	Отчет по работе	дипломник	16											■	

■ – руководитель

■ – дипломник

■ – консультант

4.3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям.

1) Сырье, материалы, покупаемые изделия и полуфабрикаты

Результаты по данной статье записаны в таблице 18.

Таблица 18 - Сырье, комплектующие изделия и полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Литий фосфат боратное стекло	СС,10x5x3см	7	800	5600
Оформление документации	Лист А4	50	2	100
Всего за материалы				5700
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				200
Итого по статье C_m				5900

2) Специальное оборудование для научных работ

Результаты по данной статье записаны в таблице 19.

Таблица 19 - Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования/Аморт отчисления, тыс.руб.
1	Ускоритель электронов	1	1000	114
2	Осциллограф	1	300	40
	Монохроматор	1	200	10
	ФЭУ	1	150	15

4.3.5 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 20

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на			Всего заработная плата по тарифу (окладам),		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
2.	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	1	1	1	4,4			5	5	5
3.	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
4.	Выбор направления исследований	Рук-консульт	1	2	2	3,6			4	8	8
5.	Календарное планирование работ	Рук-консульт	2	2	2	3,6			8	8	8
6.	Изучение литературы по теме	Студент	10	10	10	0,8			8,9	8,9	8,9
7.	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	3	4	4	4,4			14,8	19,7	19,7
8.	Измерение спектров импульсной катодолюминесценции	Студент-консульт	2	3	4	0,8			1,8	2,7	3,6
9.	Изучение влияния плотности энергии электронного пучка на интенсивность ИКЛ	Студент-консульт	2	3	3	0,8			1,8	2,7	2,7
10.	Анализ результатов	Студ.-рук.	2	2	2	4,4			9,8	9,8	9,8
11.	Вывод по цели	Студент	3	3	3	0,8			2,7	2,7	2,7
Итого:									79,7	84,2	85,1

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент и консультант получают 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (3.6)$$

где: $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Максимальная основная заработная плата руководителя (доктора наук) равна примерно 48000 рублей, а студента 31700 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (3.7)$$

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

Таким образом, заработная плата руководителя равна 53760 рублей, студента – 35504 рублей, консультанта - 35504 рублей.

4.3.6 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (3.8)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	48000	57000	57000	5760	6840	6840
Студент-дипломник	31700	27200	28100	3804	3264	3372
Коэффициент отчислений	0,271					
Итого						
Исполнение 1	24190,5 руб.					
Исполнение 2	25556,4 руб.					

4.3.7 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (3.9)$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны: $Z_{\text{накл}} = 3745306,5 \cdot 0,16 = 599249,2$ руб.

4.3.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Материальные затраты НИИ	2852	2219,5	2135,5	Пункт 3.3.1
Затраты на специальное оборудо- вание для научных (эксперимен- тальных) работ	3629000	4550000	2330000	Пункт 3.3.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	79700	84200	85100	Пункт 3.3.3
Затраты по дополнительной зара- ботной плате	9564	10104	10212	Пункт 3.3.3
Отчисления в внебюджетны е фонды	24190,5	25556,4	25829,5	Пункт 3.3.4
Накладные расходы	599249,2	747532,7	392182,64	16 % от суммы ст. 1-5
Бюджет затрат НИИ	4344555,7	5419612,6	2845459,64	Сумма ст. 1- 6

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.1)$$

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

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

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{4344555,7}{5419612,6} = 0,8; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{5419612,6}{5419612,6} = 1; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{2845459,64}{5419612,6} = 0,52.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (4.2)$$

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.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 23).

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Надежность	0,2	5	5	4
2. Универсальность	0,2	4	4	5
3. Уровень материалоемкости.	0,15	4	4	5
4. Функциональная мощность	0,20	5	5	4
5. Ремонтопригодность	0,1	5	5	5
6. Энергосбережение	0,15	4	4	5
ИТОГО	1	4,65	4,65	4,55

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,65 ;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,65;$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 = 4,55.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (4.3)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,65}{0,8} = 5,8; I_{исп2} = \frac{4,65}{1} = 4,65; I_{исп3} = \frac{4,55}{0,52} = 8,75.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.16) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп } i}}{I_{\text{исп } \text{max}}} \quad (4.4)$$

Таблица 24 – Сравнительная эффективность разработки

№п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,8	1	0,52
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	4,65	4,55
3	Интегральный показатель	5,8	4,65	8,75
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,66	0,53	1

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в третьем исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

5 Социальная ответственность

Целью этого раздела работы является разработка вопросов производственной и экологической безопасности на рабочем месте на установке «Импульс-1», в лаборатории «Импульсной оптической спектрометрии» кафедры оптики и светотехники ТПУ, где были проведены экспериментальные исследования для данной дипломной работы, а также разработка мероприятий по обеспечению безопасности при проведении экспериментов и противопожарной профилактике.

5.1 Анализ вредных факторов на рабочем месте

Основная часть экспериментов в данной дипломной работе направлены на изучение спектров и кинетики люминесценции стекол легированные ионами лантаноидов. Эксперименты проводились на установке «Импульс-1», эксплуатация которой связана с существованием и возможным появлением ряда опасных и вредных факторов:

1. Световое излучение импульсной лампы в момент вспышки может вызвать временную потерю зрения, нарушения зрительной адаптации.
2. Импульсная лампа является источником УФ-излучения, которое обладает фотохимическим и ионизационным действием, которое может раздражающе подействовать на слизистую оболочку дыхательных путей.
3. Нарушение механической целостности кварцевой колбы импульсной лампы опасно попаданием осколков на работающего.
4. Излучение лазера обладает значительной интенсивностью. Опасным является попадание в глаза луча лазера или его отражение. Возможно поражение электрическим током при случайном прикосновении к токоведущим частям установки.

5. Постоянный шум, создаваемый при работе форвакуумного насоса и систем охлаждения приборов, оказывает вредное воздействие на психику работающего, вызывая переутомление.

6. Неосторожное обращение с жидким азотом может привести к обморожению высокой степени.

7. Загрязнение воздуха может произойти в результате выброса масла из диффузионного насоса.

8. Перенапряжение органов зрения возможно при длительной работе с осциллографом или при недостатке освещения в лаборатории.

Вредные: 1) микроклимат; 2) освещенность; 3) ионизированное излучение; 4) УФ излучение; использование вредных веществ.

5.1.1 Санитарные требования к помещению лаборатории

Помещение лаборатории должно соответствовать по своим размерам (площади, объему) количеству работающих. Для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы СанПиН 2.2.2.542-96 устанавливают на одного работающего объем производственного помещения не менее 15 м^3 , площадь помещения не менее $4,5 \text{ м}^2$ [19]. В лаборатории одновременно работают три человека. Высота помещения (H) составляет 3,5 м, длина (B) – 8 м, ширина (L) – 6 м.

Таким образом, площадь помещения $S = 48 \text{ м}^2$, объем $V = 144 \text{ м}^3$. Следовательно, на одного работающего приходится 24 м^2 площади и 84 м^3 объема лаборатории, т.е. параметры помещения удовлетворяют санитарным нормам [25].

5.1.2 Микроклимат

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 (2000) устанавливается комплекс оптимальных и допустимых метеорологических условий для рабочей зоны

помещения, включающей требования к температуре воздуха, влажности, скорости движения воздуха.

Необходимость учета основных параметров микроклимата обусловлена существованием теплового баланса между организмом человека и окружающей средой производственного помещения. Параметры микроклимата оптимизируются для нормальной регуляции жизненных процессов. Поддержание температуры на уровне 20-25°C. Согласно паспорту лаборатории относительная влажность в помещении 50-60 %, скорость движения воздуха 0.2 м/с [25] Работа в помещении относится к категории работ Ia с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением [26]. В помещении для удаления вредных веществ из воздуха рабочей зоны используется общеобменная вентиляция. Очистка от вредных примесей в воздухе, осуществляется кондиционерами. Условие труда изложено в таблице 25 и соответствует нормам.

Таблица 25 - Микроклимат для работы в помещении установки «Импульс-1»

	Категория работ	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, φ%	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин $t^{\circ}_{\text{опт}}$	Диапазон выше оптимальных величин $t^{\circ}_{\text{опт}}$		Если $t^{\circ} < t^{\circ}_{\text{опт}}$	Если $t^{\circ} > t^{\circ}_{\text{опт}}$
Холодный	Ia	15- 19,9	22,1- 28	30 - 75 "*" "	0,1-0,3	0,2
Теплый	Ia	21,0 – 22,9	25,1 - 28,0	30 - 75 "*" "	0,1-0,3	0,2

5.1.3 Уровень шума

В результате гигиенических исследований установлено, что шум ухудшает условия труда, оказывая вредное воздействие на организм человека. При длительном воздействии шума на организм человека происходят нежелательные изменения: снижается острота зрения и слуха, повышается кровяное давление, притупляется внимание. Сильный продолжительный шум может быть причиной функциональных изменений сердечно-сосудистой и нервной системы. Учитывая тот факт, что шум оказывает неблагоприятное воздействие на процесс мышления и научной деятельности, в лаборатории уровень внутренних шумов снижен до минимума, и соответствует значению 75 дБА, не превышая предельно допустимого уровня 80 дБа, установленный ГОСТ 12.1.003-83 (1999), и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Для снижения шума при работе форвакуумного насоса применяется звукоизолирующий кожух, установленный на резиновые амортизаторы. Кроме того, здание, в котором находится лаборатория, удалено от сильных источников шума: центральных улиц, автомобильных и железных дорог, аэропортов и т.д.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

СИЗ

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

5.1.4 Освещение

Производственное освещение.

Одно из условий нормальной работы – обеспечение нормальной освещенности. Освещенность рабочего места должна быть согласно СНиП 23-05-95 не должна быть ниже 150 Лк.

Требования к освещенности рабочего места:

- освещенность должна соответствовать характеру зрительной работы;
- величина освещенности должна быть постоянна во времени;
- регулярная чистка застекления световых проемов, обеспечивающих естественное освещение;
- регулярная чистка светильников в сроки, предусмотренные нормативами .

Принято отдельное нормирование освещенности в зависимости от применяемых источников света и системы освещения. Величина минимальной освещенности устанавливается по характеристикам зрительной работы, которую определяют наименьшим размером объекта различения, контрастности объекта с фоном и характеристикой фона. Различают восемь разрядов и четыре подразряда работы в зависимости от степени зрительного напряжения. Зрительная работа, производимая в помещении, относится к 5 разряду, т.е. к разряду средней точности [27].

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 8$ м, ширина $B = 6$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B, \quad (5.1)$$

где A – длина, м; B – ширина, м.

$$S = 8 \times 6 = 48 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c=50\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{II}=70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_3=1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z=1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен $\Phi_{ЛД} = 2600$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda=1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,3$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p, \quad (5.2)$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 2 = 2,2 \text{ м}, \quad (5.3)$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{6}{2,2} = 2,72 \approx 3, \quad (5.4)$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{8}{2,2} = 3,64 \approx 4, \quad (5.5)$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 4 \cdot 3 = 12, \quad (5.6)$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,2}{3} = 0,7 \text{ м}, \quad (5.7)$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке 5.1 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)} = \frac{8 \cdot 6}{2,0 \cdot (8+6)} = 1,7, \quad (5.8)$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при $\rho_{\Pi} = 70 \%$, $\rho_{\text{С}} = 50\%$ и индексе помещения $i = 1,7$ равен $\eta = 0,47$.

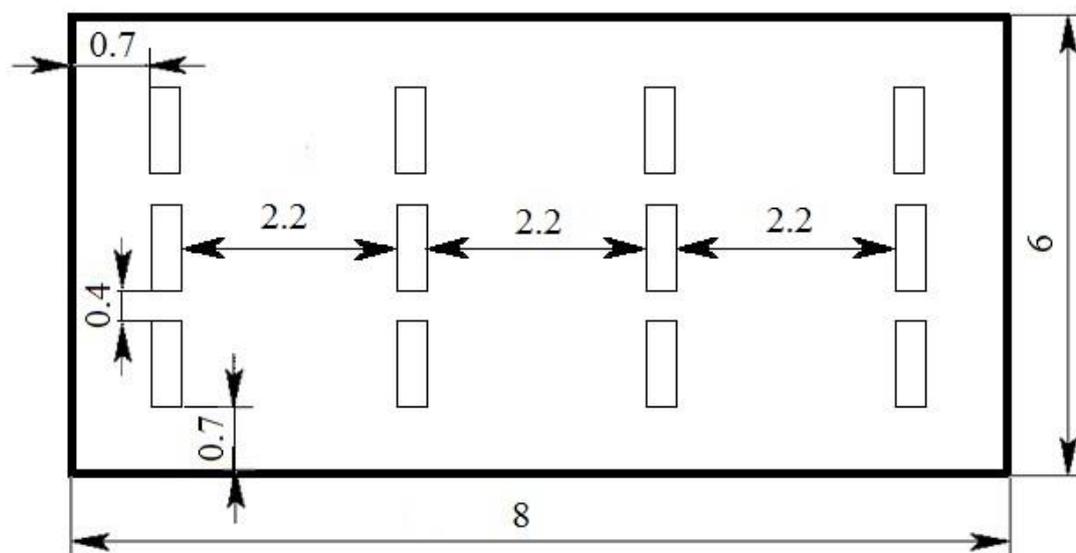


Рисунок 35 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{24 \cdot 0,47} = 1053,38 \text{ лм}, \quad (5.9)$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% \leq 20\%, \quad (6.10)$$

$$\frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% = \frac{1300 - 1053,38}{1300} \cdot 100\% = 19\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 19\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

В лаборатории имеется 12 люминесцентных ламп, следовательно система освещения в лаборатории является достаточной [28].

Таблица 26 - Взаимосвязь нормируемых параметров искусственного освещения с характеристиками зрительных работ в помещении установки «Импульс-1»

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы, %	Освещенность на рабочей поверхности от системы общего искусственного освещения, лк	Средний КЕО при верхнем или верхнем и боковом освещении, %	Минимальный КЕО при боковом освещении, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Различение объектов при фиксированной линии зрения							
Средней точности	>0,5	В	1	≥70	150	2,0	0,5
			2	<70	100	2,0	0,5
Обзор окружающего пространства							
Высокая насыщенность помещения светом	-	Г	-	-	300	3,0	1,0
Общая ориентировка в пространстве интерьера							
Малое скопление людей	-	Ж	2		50	-	-
Общая ориентировка в зонах передвижения							
Малое скопление людей	-	З	2		20	-	-

5.1.5 Электробезопасность

Лаборатория, в которой проводились работы, оснащена электрическим оборудованием и установками, что обуславливает необходимость проведения мероприятий по предотвращению воздействия на человека такого опасного производственного фактора как электрический ток. Кроме того, неисправность электрооборудования и электропроводки может стать причиной термического поражения человека или возникновения пожара. По классу электробезопасности, помещения считаются безопасными если выполняются условия: $U < 36 \text{ В}$, $R_{\text{зазем}} < 4 \text{ Ом}$, $I < 0,1 \text{ А}$. Помещение лаборатории по классу электробезопасности является помещением с повышенной опасностью, где имеется сезонная повышенная температура, влажность 70%, наличие заземления более 4 Ом, и большого количества оборудования до 1000 В. [29].

Поражающее действие электрического тока зависит от значения и длительности протекания тока через тело человека, рода и частоты тока, места протекания тока, индивидуальных свойств человека. Наиболее опасным для человека является переменный ток с частотой 20 – 100 Гц. Опасной величиной тока является ток, равный 0,001 А, а смертельный 0,1 А. Поэтому следует соблюдать технику электробезопасности.

Согласно требованиям «Правил устройства электроустановок», утвержденных Госэнергонадзором от 12.04.2003, лаборатория, где производится проектирование прибора, оборудована следующим образом:

- на распределительном щитке имеется рубильник для отключения общей сети электропитания;
- во всех приборах имеются предохранители для защиты от перегрузок в общей сети питания и защиты сети при неисправности прибора.

Эксплуатация приборов должна соответствовать «Правилам технической эксплуатации» электроустановок промышленных предприятий. Согласно этим правилам необходимо исключить возможность прикосновения

человека к токоведущим частям приборов. Для этого проводятся следующие мероприятия:

- учитывая, что все приборы и устройства по способу защиты человека от поражения электрическим током, в соответствии с ГОСТ 12.2.007.10-87 имеют класс не ниже 1, все приборы заземляются путем присоединения металлических корпусов или частей приборов к контурному заземлению, проведенному в лаборатории;

- сопротивление изоляции всех токоведущих проводников должно быть не менее 1 Мом;

- для подключения приборов должны использоваться только стандартные электрические разъемы;

- при проведении работ с включенными приборами строго соблюдается инструкция по технике безопасности;

- запрещено использование в работе неисправных приборов;

- конструкции приборов непромышленного производства, применяемых в работе, закрыты кожухами соответствующей степени защиты электрооборудования, согласно ГОСТ 12.1.019-79 (1996), исключая прикосновение работающего к токоведущим частям, а также контактными площадками для подключения заземляющего проводника. На задних стенках приборов и устройств, которые питаются от сети 220 В, 50 Гц имеется надпись красными буквами «Опасно! Высокое напряжение!».

С целью устранения опасности поражения электрическим током, в помещении проведено контурное защитное заземление. На улице на расстоянии двух метров от лаборатории на глубине 2 метров закопан медный лист (площадью 11 м). на котором прикручена медная шина (сечение 110 см²). И эта медная шина контуром полностью уходит в помещение 48 м². Медная шина соединена с источником питания с помощью закрученных болтов и пропаяна, зарыта полностью. То есть обеспечивает надежное заземление.

Повышенная электробезопасность при работе на установках в лаборатории обеспечивается применением защитного экрана, защитного заземления, средств коллективной защиты (СКЗ) и средств индивидуальной защиты (СИЗ) [29].

СКЗ

- защита временем;
- защита расстоянием;
- снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
- экранирование источника;
- защита рабочего места от излучения;

СИЗ

Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), которые включают в себя:

1. Электроизоляционные инструменты;
2. Резиновые перчатки, сапоги;
3. Резиновые коврики;
4. Лестницы из сухой древесины.

Экранирование источника излучения и рабочего места осуществляется специальными экранами по ГОСТ 12.4.154.

- Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.
- Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO_2).

К средствам защиты от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят комбинезоны, очки, спецобувь, заземляющие браслеты, заземляющие устройства, устройства для увлажнения воздуха, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы статического электричества.

5.1.6 Расчет защитного заземления

Целью расчета защитного заземления является определение основных параметров заземления, при которых напряжение прикосновения и шага в период замыкания фазы не превышают допустимых значений. Способ расчета основан на применении коэффициентов использования проводимости заземлителя. Расчет сделан по допустимому сопротивлению растеканию тока заземлителя [29].

Данные для расчета:

1. Напряжение питания электроустановки: 380В;
2. Сеть: глухозаземленная нейтраль;
3. Мощность источника питания сети: 25 кВт;
4. Ток замыкания на землю $I_3 < 500$ А;
5. Форма и размер вертикальных электродов: труба с диаметром $d_э = 15$ см и длиной $l_э = 1.6$ м;
6. Отношение расстояний между заземлителями к их длине составляет $a/l = 2.5/1.6 \approx 2$;
7. Форма горизонтального электрода: полоса толщиной $b = 15$ см, длиной $l_э = 2.6$ м;
8. Климатическая зона I: грунт – влажный песок, $\rho = 700$ Ом · м из табл.5 [3];
9. Допустимое сопротивление по растеканию тока заземляющего устройства: $R_д = 10$ Ом;

10. Тип заземляющего устройства: контурный
11. Размеры контура заземления $L_1 = 8$ м, $L_2 = 5$ м;

Расчет параметров заземлителя

1. Суммарная длина горизонтального электрода: $l_r = 2(8+5) = 26$ м. Учитывая, что расстояние между вертикальными электродами принимают не менее 2.5 – 3.0 м примем количество вертикальных электродов $n = 20$ шт. из табл. 3 [24].

2. Расчетное значение удельного сопротивление грунта для вертикального заземлителя:

$$\rho_B = \rho_{гр} \cdot K_{п} = 700 \cdot 2 = 1400 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

для горизонтального заземлителя:

$$\rho_r = \rho_{гр} \cdot K_{п} = 700 \cdot 4.5 = 3150 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

3. Сопротивление одиночного вертикального заземлителя R_B , верхний край которого находится на поверхности земли определяется по формуле:

$$R_B = 0.366 \cdot \frac{\rho_B}{l} \cdot \lg \frac{4l}{d}, \text{ Ом} \quad (16)$$

где – сопротивление вертикального электрода, найденное выше, l – длина, d – диаметр вертикального электрода. $R_B = 56$ Ом.

4. Сопротивление горизонтального заземлителя R_r расположены на поверхности земли определяется по формуле:

$$R_r = 0.183 \cdot \frac{\rho_r}{l} \cdot \lg \frac{2l}{0.5b}, \text{ Ом} \quad (17)$$

где ρ_r – сопротивление горизонтального электрода, l – длина, b – ширина горизонтального электрода. $R_r = 0.183 \cdot \frac{3150}{26} \cdot \lg \frac{2 \cdot 26}{0.5 \cdot 0.15} = 63$ Ом.

5. Расчетное сопротивление заземлителя R_3 определяется как:

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B \cdot \eta_r + R_r \cdot \eta_B \cdot n}, \text{ Ом} \quad (18)$$

где η_r и η_v - коэффициенты определяются по табл.4 [29], n - количество вертикальных электродов.

При правильно рассчитанном устройстве заземления должно выполняться условие: $R_3 \leq R_d$

$$R_3 = \frac{56 \cdot 63}{56 \cdot 0.32 + 63 \cdot 0.63 \cdot 20} = 9.3 \text{ Ом}$$

Расчетное сопротивление заземлителя R_3 меньше допустимого значения R_d , это свидетельствует о том, что все основные параметры принятого нами заземлителя (форма, размеры, размещение электродов в земле и относительно друг друга) выбраны правильно и, следовательно, напряжения прикосновения и шага находятся в допустимых пределах.

5.1.7 Пожарная безопасность

Согласно ГОСТ 12.1.033 – 81 понятие пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей [30]. Пожарная безопасность обеспечивается мерами противопожарной профилактики направленной на исключение возникновения и поддержания условий горения и включает комплекс мероприятий необходимых для предупреждения возникновения пожара, ограничения распространения огня, защиты людей и тушения пожара.

Лаборатория где находится установка «Импульс -1» согласно Технический регламент « О требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ относится к категории В, т.е. это помещение, в которых

находятся негорючие железные вещества и материалы в холодном состоянии [24].

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

В целях снижения пожарной опасности проводятся технические, эксплуатационные и организационные мероприятия. Технические мероприятия обуславливают требования противопожарных норм при проектировании зданий, электрических установок системы отопления и т.д.

Эксплуатационные – требования по эксплуатации оборудования, ремонту, правильному содержанию.

Организационные меры требуют обучения персонала правилам пожарной безопасности.

Предупреждения возникновения пожара достигается исключением образования горючей среды и источников возгорания или поддержанием параметров среды в пределах исключающих горение.

На случай возникновения пожара, внутри здания имеются средства по тушению: противопожарные краны, огнетушители, ящики с песком. Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для организации эвакуации в коридорах вывешены схемы с указанием всех возможных путей, которыми можно покинуть здание (Рисунок 36).

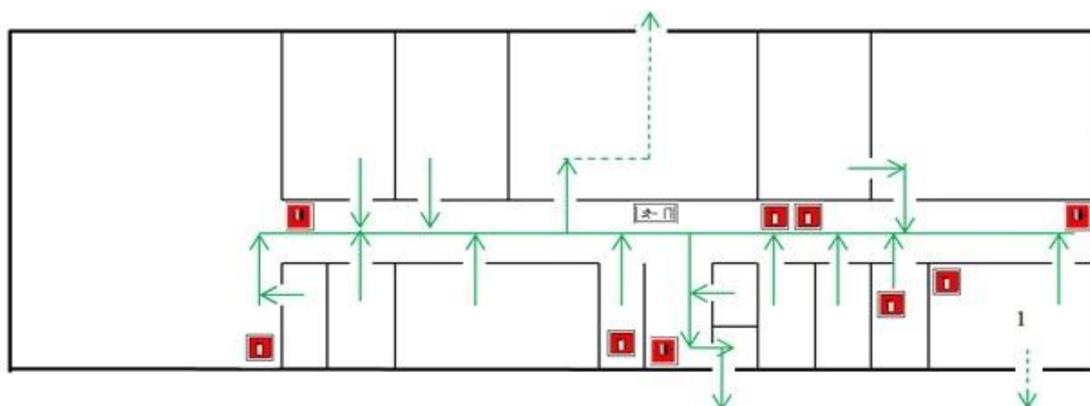


Рисунок 36 - Схема эвакуации

1- Установка «Импульс - 1»



- огнетушитель



- пожарный кран



- направление движения

— - путь к основному эвакуационному выходу

- - - - - путь к запасному эвакуационному выходу

Средства пожаротушения для прекращения горения применяются различные способы: охлаждение зоны реакции или самих горючих веществ; разбавление реагирующих веществ – снижение концентрации одного из реагентов; химическое торможение реакции горения; изоляция реагирующих веществ от зоны сгорания. В помещении имеются углекислотные огнетушители ОУ-5. Он предназначен для тушения электрооборудования под напряжением до 1000В и др. предметы. При загорании нужно поднести огнетушитель к загоранию, выдернуть чеку и нажав на нижний рычаг направить струю на огонь. Необходимо также вызвать пожарную охрану [29].

5.1.8 Инструкции

На основании материала рассмотренного в этом разделе были составлены инструкции, которые при соблюдении сведут риск поражения электрическим током и пожарной опасности к минимуму.

К рабочему месту инженера предъявляются следующие требования:

1. Все электрооборудование лаборатории должно быть заземлено, токоведущие части закрыты защитными крышками.
2. Электроизмерительные приборы, розетки, кабели и провода с инструментом должны находиться в исправном состоянии, а переносные светильники должны иметь защитные стекла или сетки.
3. Допустимый уровень шума на рабочем месте не должен превышать 60 дБ.
4. В местах постоянного дежурства должна находиться медицинская аптечка.

Запрещается:

1. Включать электроприборы без заземления.
2. Использовать в качестве заземления водопроводные или отопительные трубы.
3. Производить монтаж или ремонт при включенном электропитании
5. Использовать в работе неисправные электроинструменты.
6. Эксплуатация устройства лицами, не ознакомленными с настоящей инструкцией.

Инструкция по правилам пожарной безопасности при работе в лаборатории (общие положения):

1. Все сотрудники лаборатории обязаны знать и соблюдать правила пожарной безопасности (ПБ).
2. По окончании работ ответственный обязан выключить общее электропитание лаборатории.

При обнаружении дефектов в изоляции электроприборов и проводов немедленно сообщить об этом лицу, ответственному за ПБ.

5.2 Охрана окружающей среды

Защита окружающей среды – это комплексная проблема, требующая усилий многочисленных людей. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам.

В лаборатории осуществлено безотходное исследование образцов методом импульсной спектроскопии. Однако необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

5.3 Защита в ЧС

Лаборатория находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы

работа на производстве не прекратилась. Перед наступлением отопительного сезона должна проводиться «подготовка к зиме», проверка всех систем теплообеспечения в лаборатории, проверка работоспособности резервных электрообогревателей. Так же должны быть предусмотрены аварийные дизель-генераторы для обеспечения аварийного бесперебойного электроснабжения.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще.

Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

В случае ЧС необходимо предоставить транспорт для эвакуации персонала.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”.

2. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

3. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
5. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
6. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
7. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
8. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
9. [ГОСТ 12.1.004-91](#). Пожарная безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности
10. [СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха](#)
11. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
12. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

Заключение

Исследованы оптические и спектрально-кинетические свойства стекол легированных Tb и Pr с различной концентрацией ионов Pr. Измерены спектры стекол при возбуждении потоком ускоренных электронов с мили- и микросекундным временным разрешением, а так же интегральные спектры свечения. В миллисекундном временном диапазоне спектр состоит из ряда полос 490, 545, 585, 615 нм. Изучены кинетики затухания в основных полосах свечения, так же выявлена тенденция уменьшения интенсивности люминесценции тербия с ростом концентрации ионов празеодима.

- Изучены спектрально-кинетические закономерности люминесценции литий-фосфат-боратных стекол, активированных Tb, Pr, Tb/Pr при возбуждении импульсным электронным пучком.

- С ростом концентрации Pr^{3+} в образцах стекла, уменьшается интенсивность всех полос свечения ионов тербия.

- Полосы свечения иона празеодима в интегральных спектрах люминесценции не проявляются; в спектрах, измеренных с временным разрешением полосы свечения иона празеодима регистрируются в микросекундном временном диапазоне.

- Введение празеодима уменьшает соотношение полос свечения тербия, наблюдается «тушение» люминесценции тербия в "синей" области спектра для образцов, активированных Tb/Pr.

- Установлено что концентрация празеодима влияет на характер кинетики затухания свечения тербия. Время затухания коротковременного и длинновременного компонента уменьшается с ростом концентрации празеодима.

- При увеличении плотности возбуждения, увеличивается интенсивность свечения полос ионов тербия, однако изменение характера кинетики затухания не наблюдается.

- Обнаружено изменение цветности катодолюминоинесценции стекол, при увеличении концентрации Pr^{3+} , происходит смещение координат цветности в синюю область спектра.

Рекомендации: полученные результаты могут быть использованы при разработке материалов фотоники, для оптимизации состава и концентрации активаторов.

В работе рассмотрены вопросы финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения в области научных разработок, проработаны вопросы охраны труда в условиях вредных и опасных факторов.

Список литературы

- [1] CHEN Qiao-ling (陈巧玲) and LÜ Shao-zhen (吕少珍). White light emission in Pr^{3+} , Tb^{3+} : CaYAlO phosphor, OPTOELECTRONICS LETTERS, Vol.11 No.5, 1 September 2015.
- [2] M. Matecki, N. Duhamel, J. Lucas. Journal of Non-Crystalline Solids. Volume 184, 1 May 1995, Pages 273–277. Non-oxide Glasses.
- [3] S.E. Stokowski, R.A. Saroyan, M.J. Weber, Nd-Doped Laser Glass Spectroscopic and Physical Properties, M-095, Rev. 2, vols. 1 and 2, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA, 1981a.
- [4] S.E. Stokowski, W.E. Martin, S.M. Yarema, J. Non-Cryst. Solids 40 (1980) 48.
- [5] R. Balda, J. Fernandez, A. de Pablos, J.M. Fdez-Navarro, M.A. Arriandiaga, Phys. Rev. B 53 (1996) 5181.
- [6] M. Matecki, M. Poulain, J. Non-Cryst. Solids 56 (1983) 111.
- [7] Dieke G.H. Spectra and Energy Levels of Rare Earth Ions in Crystals // Interscience Publishers, New York, 1968.
- [8] Polissadova E. F., H. A. Othman, V. M. Lisitsyn Effects of matrix composition and Eu^{3+} concentration on the Luminescence properties in phosphate glass // Functional materials, 2013. V.20 No 3 P. 290-294.
- [9]. Gopi Sharma, Ruchika Bagga, Nancy Mahendru, Mauro Falconieri. Influence of lead and cadmium fluoride variation on white light emission characteristics in oxy fluoride glasses and glass–ceramics. Journal of Luminescence 159 (2015) 38–46.
- [10]. Карякин А. В., Аникина Л. И., Филаткини Л. А. Определение малых количеств тербия, диспрозия и гадолиния в окиси иттрия люминесцентным методом // Журн. аналит. химии. -1966.-21, вып. 10. – С. 1196-1200

[11] K. Binnemans, R. Van Deun, C.Gorller-Walrand, J.L. Adam. Spectroscopic properties of trivalent lanthanide ions in uorophosphate glasses. Journal of Non-Crystalline Solids 238 (1998) 11±29

[12] Исаев В.А., Копытов Г.Ф., Лебедев А.В., Плаутский П.Г. Каскадная эмиссия фотонов в люминофорах и стереоатомный анализ // Научный журнал КубГАУ. – 2012. - №78(04). – С. 1-17.

[13]. Золин В.Ф., Коренева Л.Г.. Редкоземельный зонд в химии и биологии. - М.: Наука, 1980. – 349 с.

[14]. Каткова М.А., Витухновский А.Г., Бочкарев М.Н. Координационные соединения редкоземельных металлов с органическими лигандами для электролюминесцентных диодов // Успехи химии. – 2005. – № 74. - С. 1193-1215.

[15] Абдршин А.Н., Асеев В.А., Нурыев Р.К. Влияние нагрева на люминесцентные свойства ионов элбия в стекле // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2010. - № 3. – С. 67.

[16]. Сидоров А.И. Никоноров Н.В. Материалы и технологии волоконной оптики: оптическое волокно для систем передачи информации. НИУ ИТМО. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. - 95 с.

[17] R. Y. Shendrik, E. A. Radzhabov, V. F. Ivashechkin. Temperature Dependence of Ce³⁺ and Pr³⁺ Emission in CaF₂, BaF₂, SrF₂ // IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE. – 2010. - VOL. 57, NO. 3. – P. 1300-1303.

[18] Степанова, Л.С. и др. Люминесценция тербия, осажденного в пленки пористого анодного оксида алюминия из раствора нитрата тербия // Доклады БГУИР, 2010. - № 5. – С. 51.

[19] Молостова Е.Ю. и др. Оптически изотропные люминесцентные материалы на основе комплексов лантаноидов // Вестник Казанского Технологического Университета. – 2010. - №7. – С. 64-68.

[20] Атрашевский Ю.И., Стельмах Г.Ф., Сикорский В.В., Цвирко М.П. Электронно-колебательные спектры люминесценции формиатов лантанидов // Вестник БГУ. – 2012. - № 3 Сер. 1.

[21] Абдршин А.Н., Асеев В.А., Нурыев Р.К. Влияние нагрева на люминесцентные свойства ионов эрбия в стекле // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2010. - № 3. – С. 67.

[22] Савинков В.И. Борогерманатные стёкла с высоким содержанием оксидов редкоземельных элементов: Автореф. Дис. Канд. Тех. Наук. – Москва: РХТУ им. Менделеева, 2010. – 17 с.

[23] Hirao K., Higuchi M./ Soga N. J. Luminescence, 60-61, 115 (1994)

[24] Гаврикова Н. А., Тухватулина Л. Р., Видяев И. Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение// издательство Томского политехнического университета, 2014. - с. 3-15.

[25] Долин П.А. Справочник по технике безопасности. М: Энергоатомиздат, 1984, 824 с.

[26] Белов С.В., Ильницкая А.В. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов. М: Знак, 1999, 325с.

[27] Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений (ОСП-72/87).

[28] Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г.М. Кнорринга. Л., Энергия, 1976, 384с.

[29] Безопасность жизнедеятельности: Пособие по выполнению практической работы «Расчет защитного заземления».- М.: мГТУ ГА, 2010.-20с. ГОСТ Р 22.0.02-94: Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.

[30] ГОСТ 12. 1. 038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов

Приложение А

5 SOCIAL RESPONSIBILITY

The purpose of this section is to develop the issues of production and environmental safety in the workplace on the "Impulse-1" unit in the laboratory of "Pulsed Optical Spectrometry" of the department of Optics and Lighting of TPU, where the experimental studies for this thesis were carried out, as well as the development of measures for safety precautions during experiments and fire prevention.

5.1 Analysis of dangerous and harmful factors in the workplace

The main part of the experiments in this thesis work is aimed at studying the spectra and kinetics of luminescence of $\text{Li}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5-\text{CaF}_2$ scintillation glass doped Tb, Ce, Eu, Pr. The experiments were carried out on the " Impulse - 1" unit, operation of which is associated with the existence and the possible emergence of a number of dangerous and harmful factors:

1. Light emission of the pulsed lamp may cause temporary loss of vision, disturbances of visual adaptation.

2. Pulsed lamp is a source of UV radiation, which has photochemical and ionization effects, which can irritate the mucous membrane of the respiratory tract.

3. Violation of the mechanical integrity of the quartz bulb of the pulsed lamp is dangerous for a worker.

4. Laser radiation has a considerable intensity. Hitting eyes with a laser beam or its reflection can be dangerous. An electric shock in case of accidental contact with specific parts of the installation can occur.

5. Constant noise generated when using a backing pump and cooling devices, has a detrimental effect on the psyche of a worker, causing fatigue.

6. Careless handling of liquid nitrogen can cause frostbite of a high degree.
7. Air pollution can occur as a result of the release of oil from the diffusion pump.
8. Possible eye strain during prolonged operation with an oscilloscope or with a lack of lighting in the laboratory can be observed.

5.1.1 Sanitary Requirements for laboratory premises

Laboratory space must be of a proper size (area, volume) and it must correspond to the specific number of employees. Sanitary norms “SanPin 2.2.2.542-96” set per an employee the volume of production area not less than 15 m^3 area not less than 4.5 m^2 [20] in order to ensure normal working conditions. Only three employees are allowed to work simultaneously in the laboratory. The room height (H) is about 3 m, the length (B) - is 8 m, the width (L) — is 6 m.

Thus, the floor area is $S = 48 \text{ m}^2$, the volume is $V = 144 \text{ m}^3$. Consequently, per worker there is a 24 m^2 area and 72 m^3 volume of laboratories, ie the room dimensions meet sanitary standards [21].

5.1.2 Microclimate

According to GOST 12.1.005-88 (2000) there is a set of the established admissible and optimal weather conditions for the working area facilities, including requirements for air temperature, humidity, air velocity.

The need to integrate the basic parameters of microclimate is due to the existence of the heat balance between the human body and the environment of the production facilities. Microclimate parameters are optimized for the normal regulation of life processes. The temperature must be maintained at $20\text{-}25 \text{ }^\circ \text{C}$. According to the passport of the laboratory the relative indoor humidity must be 50-60 %, air velocity - 0.2 m / s [26].

Indoor work belongs to the Ia category of works with an intensity of energy consumption up to 120 kcal / h produced by sitting and accompanied by minor physical stress []. In the room for the removal of harmful substances from the air of the working area general exchange ventilation is used. Purification of the air is carried out by conditioners. Working conditions are given in Table 7.1 and conform with the standards.

Table 7.1 - Microclimate for indoor "Impulse-1" unit.

Year period	Category of work	Air temperature, °C		The surface Temperatures, t°C	Relative humidit, F%	Air velocity, m/s	
		Range below the optimum values t° _{opt}	Range above the optimum values t° _{opt}			If t° < t° _{opt}	If t° < t° _{opt}
Cold	Ia	20.0-21.9	24.1-25.0	19,0-26,0	15-75	00.1	00.1
Warm	Ia	21.0-22.9	25.1-28.0	20.0-29.0	15-75	00.1	002

5.1.3 Noise Level

Due to hygienic studies it has been found out that noise worsens working conditions, providing a harmful effect on the human body. With long-term effects of noise on the human body unwanted changes occur: decreased visual acuity and decrease, blood pressure rises, attention is dulled. Strong prolonged noise can cause functional changes in the cardiovascular and nervous systems. Given the fact that the

noise has an adverse impact on the process of thinking and research activities in the laboratory the level of internal noise is reduced to a minimum, exceed the maximum permissible level of 60 dB, as set by GOST 12.1.003-83 (1999). Soundproof compartment mounted on rubber shock absorbers is used in order to reduce noise from the pump. In addition, the building in which the laboratory is located is far from strong noise sources : main streets, roads, railways, airports, etc.

5.1.4 Lighting

Workplace lighting

One of the normal operating conditions is normal lighting. Workplace lighting must be in accordance with “SNiP 23-05-95” within 300lk.

Requirements for workplace lighting:

- illumination shall conform to the nature of visual work ;
- the light should be constant over time;
- Regular cleaning of glazed light sources providing natural lighting ;
- Regular cleaning of luminaires in terms set in regulations.

Separate standards of light depending on the applied light sources and lighting systems are accepted. Value of the minimum illumination is set depending on the characteristics of visual work which is determined by the size of the smallest object distinction, the contrast with the background object and background characteristics . We distinguish between four and eight bits of subclasses depending on the degree of eyestrain. Visual performance done indoors belongs to category 5, i.e. to the category of medium accuracy .

In the given laboratory natural light comes through a single window so natural lighting is virtually absent, due to the fact that the performance of work requires deafening.

There are 8 fluorescent lamps consequently the lighting system in the laboratory is sufficient.

Table 7.2 - Relationship of normalized parameters of artificial lighting with the characteristics of visual works in the room with the "Impulse -I" unit.

Characteristics of visual work	Minimum or equivalent object size discrimination	Discharge of visual work	Subclass of visual work	Relative duration of visual work	I luminance on the working surface of the overall system of	Average KEO at the top or the top and side	Minimum KEO on the side lighting, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Distinguishing objects with a fixed line of sight							
Medium accuracy	>0,5	V	1	>70	150	2.0	0.5
			2	<70	100	2.0	0.5
Overview of the surrounding space							
High saturation of the room with light	-	G G -	-	-	300	3.0	1.0
General orientation in the interior space							
Small number of people	-	Zh	2	-	50	- -	-
General orientation in the areas of movement							
Small number of people	-	3	2	-	20	-	-

5.1.5 Electrical safety

Laboratory in which the work was performed is equipped with electrical equipment and installations which leads to the need for measures to prevent human exposure to occupational hazards such as electric current. In addition, faulty electrical wiring can cause thermal injury to human or fire.

Damaging effect of electric current depends on the value and duration of current flow through the human body, kind and frequency, place of current flow, and individual properties of the person. The most dangerous to humans is alternating current with a frequency of 20 - 100 Hz. Dangerous amount of current is a current of 0.001 A, deadly -0.1 A. Therefore, you should follow the rules of electrical safety.

According to the requirements of the "Regulations for Electrical units" approved by "Gosenergonadzor of 12.04.2003" the laboratory where the projections of the device is done is equipped as in the following way:

- there is a cutout to disable the overall power network on the supply panel;
- there are fuses for overload protection of a utility power and to protect the network when the appliance is faulty in all devices.

Operation of the devices must conform to the "Rules of technical operation of" electrical industry. According to these rules it is necessary to exclude the possibility of human touch of live parts of devices. This involves the following activities:

- all devices and equipment by the manner of people protection from electric shock , according to GOST 12.2.007.10-87 have a class not lower than 1 , all appliances are grounded by attaching metal hulls or parts of appliances to the ground contour conducted in the laboratory ;
- insulation resistance of all live conductors shall be not less than 1 MW;
- only standard electrical connectors should be used for connecting ;
- when working with the included instruments follow the instructions on safety;

- usage of the faulty devices is prohibited;
- nonindustrial production design of devices used in the work have closed covers of the appropriate degree of protection of electrical equipment, according to GOST 12.1.019-79 (1996), excluding the touch of the woken with live parts , as well as contact pads for connecting the grounding conductor. On the back of the unit and the devices that are powered by a 220 V, 50 Hz there is an inscription in red letters "Danger! High voltage ! "

In order to avoid the risk of electric shock, the room has contour protective grounding. On the street at a distance of two meters from the laboratory at a depth of 2 meters there is a copper sheet (area of 1 x 1 m), which has a copper bus mounted on it (section 1 x 10 cm). And the copper bus completely goes into the room of 48 m². The copper bus is connected to a power source by the bolts and open completely buried, ie it provides reliable grounding.

The laboratory satisfies the above requirements, so it can be attributed to the premises without heightened risk of electric shock to people. This is a dry room without high spraying temperature - (normal), the floor is covered with an insulating material, so we do not consider additional requirements.

Increased electric safety when working on electrical unit in the laboratory is achieved by using the shield, protective grounding, etc.

5.1.6 Calculation of the protective grounding

The propose of the calculation of the protective grounding is to define the basic parameters of the grounding in which the touch voltage and step during the closure phase do not exceed the allowable values. The method of calculation is based on the use of utilization factors of the grounding conductivity. Calculation is done by the permissible current spreading of the grounding resistance.

Data for the calculation:

1. Electrical voltage : 380V;
2. Network: grounded neutral;
3. Power supply network : 25 kW;
4. Ground fault current $I_g < 500$ A;
5. The shape and size of vertical electrodes pipe diameter $d_E = 15$ cm and a length $l_E = 1.6$ m;
6. Ration of the distances between the groundings to their length is $a// = 2.5/1.6 \sim 2$ of Table 3 [3];
7. Horizontal electrode shape : strip thickness $b = 15$ cm, length $l_E = 2.6$ m;
8. Climatic zone I: soil - wet sand, $p = 700$ ohm • m in Table 5 [24];
9. Permissible current spreading resistance of the grounding device : $R^* = 10$ ohms;
10. Grounding device type : circular
11. Dimensions of the grounding circuit $L_1 = 8$ m, $L_2 = 5$ m;

Calculation of the grounding parameters

1. The total length of the horizontal electrode: $L_g = 2 (8 + 5) = 26$ m Given that the distance between the vertical electrodes is at least 2.5 - 3.0 m lest us assume that the amount of vertical electrodes $n = 20$ pc. Table. 3 [24].

2. Estimated value of the specific resistance of soil for vertical grounding : $P_v = P_{gr} \cdot R = 2 \cdot 700 = 1400$ Ohm .m

horizontal grounding:

$$P_g = R^* P_{gr} = 700 \cdot 4.5 = 3150 \text{ Ohm. m}$$

3. Single vertical grounding resistance R_v , the upper edge of which is on the surface of the ground is determined by the formula:

$$R_v = 0.366 \cdot \frac{\rho_v}{l} \cdot \lg \frac{4l}{d}, \text{ Ohms} \quad (16)$$

where p_v - is vertical electrode resistance found above, L - length,
 d - diameter of the vertical electrode. $R_v = 56$ Ohms.

4. Horizontal grounding resistance R_g located on the surface of the ground is determined by the formula:

$$R_h = 0.183 \cdot \frac{\rho_h}{l} \cdot \lg \frac{2l}{0.5b}, \text{ Ohms} \quad (17)$$

where p_g - horizontal electrode resistance, L - length , b - width of the horizontal electrode. $R_h = 0.183 \cdot \frac{3150}{26} \cdot \lg \frac{2 \cdot 26}{0.5 \cdot 0.15} = 63$ Ohms.

5. Calculated grounding resistance R_z is defined as :

$$R_g = \frac{R_E \cdot R_r}{R_E \cdot \eta_r + R_r \cdot \eta_E \cdot n}, \text{ Ohm} \quad (18)$$

where n_g and n_v - coefficients are determined from Table 4 [23], n – number of vertical electrodes.

When properly calculated grounding device must satisfy the requirement: $R_g < R_a$

$$R_g = \frac{56 \cdot 63}{56 \cdot 0.32 + 63 \cdot 0.63 \cdot 20} = 9.3 \text{ Ohm}$$

Calculated resistance of the grounding R_g less than the allowable value R_a , this indicates that the main parameters of the adopted grounding (shape, size , voltage placement of electrodes in the earth and to each other) are correct and, therefore, touch and step are within acceptable limits.

5.1.7 Fire safety

According to GOST 12.1.033 - 81 fire safety concept means a state of the object which excludes the possibility of fire and development and impact on people of fire hazards , as well as protected property. Fire safety is provided by fire prevention measures on the removal and maintenance of combustion conditions and

includes a set of measures necessary to prevent the risk of fire, limiting the spread of fire, protecting people and extinguishing the fire.

The laboratory where the " Impulse -1 " unit is located according to the Technical Regulations "On Fire Safety " from July 22,2008» № 123 - FZ belongs to the category D i.e. this is premise where there are non-combustible iron substances and materials in cold state.

Fire break-out when working with electronic equipment can be for both electrical and non-electrical reasons.

In order to reduce the fire hazard we should take technical, operational and organizational measures. Technical activities account for fire regulations requirements for the design of buildings, electrical installations and heating systems etc.

Operation - requirements for equipment operation, repair , proper maintenance.

Organizational measures require training of personnel to fire regulations.

Prevention of fire is achieved by the exclusion of the formation of combustible environment and sources of ignition or maintenance of environment parameters within the range excluding combustion.

In case of fire inside the building there are means for fire extinguishing valves, fire extinguishers, sand boxes.

For evacuation schemes showing all possible ways in which you can leave the building (Figure1) are hung in the halls.

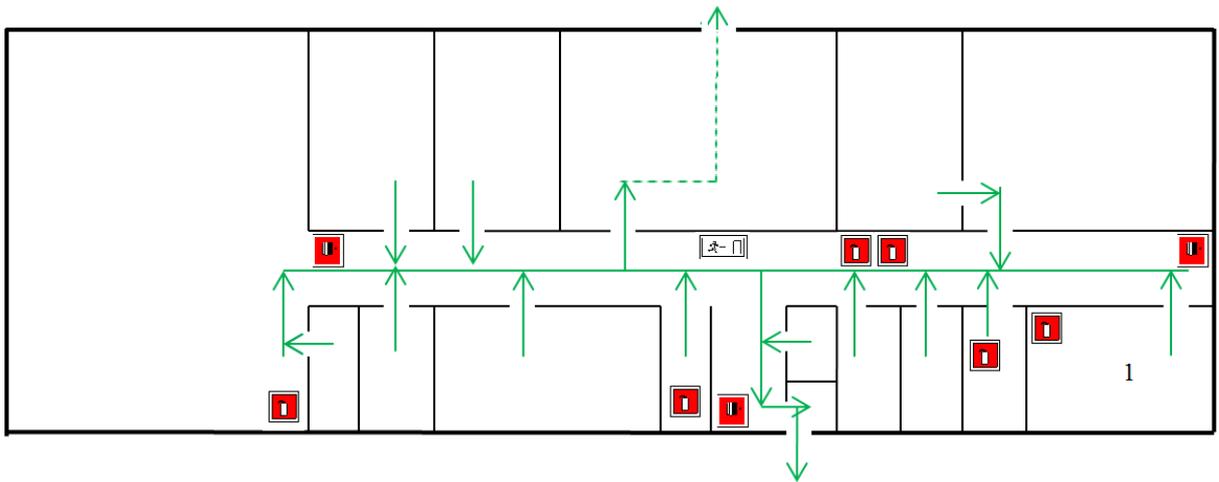


Figure 1 - Evacuation scheme.

1 - "Impulse - 1" unit



- Fire extinguisher



- Fireplug (fire-cock)



- Direction of movement

— - Way to the emergency exit

- - - - - Way to a spare emergency exit.

6.1 Extinguishing Medium

There are various ways to stop fire: cooling the reaction zone itself or combustibles: dilution of the reactants - reducing the concentration of one of the reactants; chemical inhibition of the combustion reaction ; isolation of the reactants from the combustion zone . OU-5 Carbon dioxide fire extinguishers are kept indoors. It is designed for extinguishing electrical equipment of up to 1000V and other items . You need to bring in a fire extinguisher to the fire, pull the pin and press the lower lever to blow the fire. You must also call the fire department.

7.1 Instructions

On the basis of the material discussed in this section instructions were compiled that will drive the risk of electric shock and fire hazards to a minimum.

The workplace of an engineer must meet the following requirements:

1. All electrical devices of the laboratory must be grounded, conductive parts must have protective covers.

2. Electrical appliance, sockets, cables and wires with the instrument must be in good condition and portable lights shall be provided with protective glass or mesh.

3. Permissible noise levels in the workplace should not exceed 60 dB.

4. In the locations of permanent duty there should be a first aid kit.

It is prohibited to:

1. All appliances should be grounded.

2. Use water or heating pipes as grounding.

3. Install or repair devices while the powered.

4. Use faulty power tools.

5. Operation persons who are not familiar with this instruction.

Instructions for fire safety at work in the laboratory (in general):

1. All laboratory staff is required to know and comply with the fire safety regulations.

2. Upon completion of work it is required to shut dawn total power of the laboratory.

If defects are found in the insulation of electrical wires, you must immediately notify the person responsible for the fire safety.

7.1 Environmental protection

Protection of the environment is a complex problem that requires efforts of numerous people. The most active form of protecting the environment from the

harmful effects of industrial emissions is a complete transition to low-waste and non-waste technology and production. An important direction of the greening of industrial production should be considered as process improvement and development of new equipment with lower emission , waste and contaminants into the environment.

As an additional means of protection we use: devices and systems for cleaning gas emissions, waste water from impurities; silencers resetting gas emissions and other similar devils are constantly improved and widely implemented in technological and operational cycles in all sectors of the economy .