

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Оценка оптимальных условий определения антиоксидантной активности ряда производных фенотиазина</b>

УДК 547.869.54:542.943-92'78

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Маношкина Алина Константиновна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Воронова Олеся Александровна	К.Х.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Михеева Елена Валентиновна	К.Х.Н.		

# ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

## 18.03.01 Химическая технология

### «Химическая технология в биологии и медицине»

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

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

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

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Михеева Е.В.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д83	Маношкиной Алине Константиновне

Тема работы:

<b>Оценка оптимальных условий определения антиоксидантной активности ряда производных фенотиазина</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.01.2022 №28-89/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объекты исследования: производные фенотиазина (10-ТФАФТ, 3-ТФЭ-10 МеФТ).</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Литературный обзор  1.1 Действие активных форм кислорода на биологические мембраны  1.1.1 Классификация антиоксидантов  1.2 Производные фенотиазина  1.2.1 Классификация производных фенотиазина  1.2.2 Применение производных фенотиазина  1.3 Основные методы определения антиоксидантной активности  2. Экспериментальная часть  2.1 Объекты  2.2 Используемое оборудование  2.3 Методика проведения эксперимента по определению антиоксидантной активности  3. Результаты и их обсуждение  3.1 Определение оптимальных условий для оценки антиоксидантной активности с использованием методов планирования эксперимента  3.2 Оценка влияния производных фенотиазина на процесс электровосстановления кислорода  4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение  5. Социальная ответственность  Заключение</p>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	-
--	---

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	к.т.н., доцент ОСГН ШБИП Криницына З.В.
«Социальная ответственность»	старший преподаватель ООД ШБИП Гуляев М.В.

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

-
---

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Воронова Олеся Александровна	к.х.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Маношкина Алина Константиновна		

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

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность) 18.03.01 Химическая технология  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии  
 Период выполнения весенний семестр 2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	<i>Литературный обзор</i>	
	<i>Экспериментальная часть</i>	
	<i>Результаты и их обсуждение</i>	
	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	
	<i>Социальная ответственность</i>	

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Воронова Олеся Александровна	К.Х.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Михеева Елена Валентиновна	К.Х.Н.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д83	Маношкина Алина Константиновна

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОХИ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Бюджет проекта – не более 319753,4 руб., в т. ч. затраты по оплате труда – не более 189875,4 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4,7 баллов из 5.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды – 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение потенциальных потребителей и анализ конкурентных технических решений. Составление матрицы SWOT-анализа.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение трудоемкости работ. Разработка графика Ганта. Определение затрат на проектирование (смета затрат).
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет показателей эффективности разработки (интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности, интегрального показателя эффективности).

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

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

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Д83	Маношкина Алина Константиновна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
2Д83		Маношкина Алина Константиновна	
<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение химической инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

**Оценка оптимальных условий определения антиоксидантной активности ряда производных фенотиазина**

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p><i>Объект исследования:</i> производные фенотиазина (10-ТФАФТ, 3-ТФЭ-10 МеФТ).</p> <p><i>Область применения:</i> фармацевтическая промышленность.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> химическая лаборатория 2 корпуса отделения химической инженерии ТПУ.</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 5 x 6 м.</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> вольтамперометрический анализатор ТА-2.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> пробоподготовка, приготовление рабочих растворов, снятие вольтамперограмм ЭВ O<sub>2</sub> на ТА-2 анализаторе.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.03.2022);</p> <p>ПНДФ 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения);</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;</p> <p>ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</p>
---	---

<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов;</li> <li>– Разработка мер по снижению воздействия вредных и опасных факторов.</li> </ul>	<p><i>Вредные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</li> <li>– Повышенный уровень шума;</li> <li>– Отсутствие или недостаток необходимого освещения;</li> <li>– Статические перегрузки.</li> </ul> <p><i>Опасные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;</li> </ul>
---	--



	<p>– Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, называемые для краткости химическими веществами.</p> <p><i>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</i> использование средств индивидуальной защиты (халат, перчатки).</p>
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b>	<p><i>Воздействие на селебную зону:</i> риск воспламенения при утечке этилового спирта;</p> <p><i>Воздействие на литосферу:</i> загрязнение почвы в результате утилизации пластиковых отходов.</p> <p><i>Воздействие на гидросферу:</i> загрязнение сточных вод в результате утилизации жидких отходов.</p> <p><i>Воздействие на атмосферу:</i> возможное выделение малого количества паров ртути при подготовке и эксплуатации ртутно-плёночного электрода.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b>	<p><i>Возможные ЧС:</i> пожар, химический или термический ожоги, отравление, утечка реактивов.</p> <p><i>Наиболее типичная ЧС:</i> пожар, возникающий вследствие неисправности электрооборудования.</p>
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Маношкина Алина Константиновна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 95 страниц, 21 рисунок, 29 таблиц, 45 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: производные фенотиазина, антиоксиданты, антиоксидантная активность, вольтамперометрический метод.

В качестве объекта исследования выступают производные фенотиазина (10-трифторацетил фенотиазин; 3-трифторэтил-10 метилфенотиазин).

Цель работы – оценка оптимальных условий определения антиоксидантной активности ряда производных фенотиазина (3-трифторэтил-10 метилфенотиазин, 10-трифторацетил фенотиазин) используя вольтамперометрический метод.

В результате работы было оценено влияние исследуемых вещества на обратимость процесса электровосстановления кислорода; предложен механизм, согласно которому исследуемые вещества взаимодействуют с молекулярным кислородом; определена антиоксидантная активность.

Новизна исследования: полученные данные по антиоксидантной активности новых производных фенотиазина (10-трифторацетил фенотиазин; 3-трифторэтил-10 метилфенотиазин) приведут к дальнейшему их использованию качестве антиоксидантов, в том числе и в виде лекарственных препаратов комбинированного действия.

Выпускная квалификационная работа проводилась в отделении химической инженерии Томского политехнического университета.

Руководитель: к.х.н., доцент О.А. Воронова.

Работу выполнил студент группы 2Д83 А.К. Маношкина.

## Определения, обозначения, сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Антиоксидантная активность – способность веществ частично или полностью ингибировать процессы окисления.

Антиоксиданты – химические вещества, которые предотвращают или замедляют повреждение, которое кислород наносит организму.

В настоящей работе применяются следующие сокращения и обозначения:

ВКР – выпускная квалификационная работа;

АО – антиоксидант;

АОА – антиоксидантная активность;

АФК – активные формы кислорода;

СРО – свободнорадикальное окисление;

ВА – вольтамперометрия;

ХСЭ – хлорид серебряный электрод;

РПЭ – ртутно-пленочный электрод;

ЭВ O<sub>2</sub> – электрохимическое восстановление кислорода;

10-ТФАФТ – 10-трифторацетил фенотиазин;

3-ТФЭ-10 МеФТ – 3-трифторэтил-10 метилфенотиазин;

ЭЧ – раздел работы «Экономическая часть»;

СО – раздел работы «Социальная ответственность».

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	15
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	16
1.1 Действие активных форм кислорода на биологические мембраны .....	16
1.1.1 Классификация антиоксидантов.....	18
1.2 Производные фенотиазина .....	20
1.2.1 Классификация производных фенотиазина .....	21
1.2.2 Применение производных фенотиазина .....	23
1.3 Основные методы определения антиоксидантной активности .....	25
2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	29
2.1 Объекты исследования.....	29
2.2 Используемое оборудование .....	29
2.3 Методика проведения эксперимента по определению антиоксидантной активности .....	30
3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	34
3.1 Определение оптимальных условий для оценки антиоксидантной активности с использованием методов планирования эксперимента .....	34
3.1.1. Планирование эксперимента для 10-ТФАФТ.....	34
3.1.2 Планирование эксперимента для 3-ТФЭ-10 МеФТ.....	41
3.2 Оценка влияния производных фенотиазина на процесс электровосстановления кислорода.....	45
3.2.1 Исследование обратимости процесса электровосстановления кислорода в присутствии производных фенотиазина .....	45
3.2.2 Исследование механизма процесса электровосстановления кислорода в присутствии производных фенотиазина .....	48
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	54
4.1 Оценка коммерческого потенциала проведения научно- исследовательской работы ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	54
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	54
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	55
4.1.3 SWOT-анализ.....	56
4.2 Планирование научно-исследовательской работы.....	58

4.2.1 Структура работ в рамках проводимого исследования .....	58
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ .....	59
4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования .....	60
4.3. Бюджет исследования .....	63
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-исследовательской работы .....	63
4.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментальных работ .....	64
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	65
4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	67
4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	67
4.3.6. Накладные расходы .....	68
4.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	69
4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	69
4.5 Выводы по разделу .....	72
<b>5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....</b>	<b>73</b>
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	73
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства .....	73
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	74
5.2 Производственная безопасность .....	75
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований .....	76
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия опасных и вредных факторов на исследователя .....	77
5.3 Экологическая безопасность .....	80
5.3.1 Воздействие на атмосферу .....	81
5.3.2 Воздействие на гидросферу .....	81
5.3.3 Воздействие на литосферу .....	81
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	82
5.4.1 Анализ возможных ЧС .....	82
5.4.2 Наиболее вероятная ЧС .....	83
5.4 Выводы по разделу .....	84

ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	85
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА .....	86
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	88
Приложение А .....	94

## ВВЕДЕНИЕ

Производные фенотиазина представляют собой значимую группу лекарственных средств в нынешней фармакологии.

Широкое применение производных фенотиазина обусловлено высокой биологической и фармакологической активностью, которая зависит от химической структуры соединений. Вдобавок нужно отметить, что важным неспецифическим патологическим процессом при целом ряде патологий является окислительный стресс.

С этой точки зрения исследование новых соединений по их способности к нейтрализации свободных радикалов является патогенетически обоснованным.

Поэтому целью данной работы стала оценка влияния производных: 10-трифторацетил фенотиазина (10-ТФАФТ) и 3-трифторэтил-10-метилфенотиазина (3-ТФЭ-10МеФТ) на процесс электровосстановления кислорода, используя метод катодной вольтамперометрии.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести обзор применения производных фенотиазина в качестве лекарственных средств.
2. Изучить существующие методы определения антиоксидантной активности.
3. Исследовать обратимость и механизм процесса электровосстановления кислорода в присутствии исследуемых веществ.

Объектом исследования в данной работе являются гетероциклические соединения (10-ТФАФТ, 3-ТФЭ-10МеФТ).

Научная новизна: в работе впервые изучаются антиоксидантные свойства 10-ТФАФТ, 3-ТФЭ-10МеФТ с помощью метода вольтамперометрии.

Практическая значимость результатов ВКР: полученные результаты можно использовать для дальнейших исследований в данной области, а также при разработке новой фармацевтической продукции.

# 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Действие активных форм кислорода на биологические мембраны

Все окислительные процессы в живой клетке происходят благодаря наличию в ней свободных радикалов и других активных форм кислорода, которые выступают продуктами нормального клеточного метаболизма. Также известно, что АФК могут образовываться под действием ионизирующего излучения.

Свободным радикалом служит молекула с неспаренным электроном на орбите и обладающая высокой реакционной способностью. Избыток данных радикалов в результате окисления приводит к повреждению важных компонентов клетки (ДНК, липидов и белков).

Поэтому, окислительный стресс в последующем служит причиной развития серьезных заболеваний, таких как гипертензия, атеросклероз и многие другие. В таблице 1.1 указаны некоторые формы АФК.

Таблица 1.1 – Основные виды АФК [1]

Название	Обозначение
Супероксид-радикал	$O_2^{\cdot-}$
Гидроксил-радикал	$HO^{\cdot}$
Перекись водорода	$H_2O_2$
Синглетный кислород	$^1O_2$
Алоксильный радикал	$RO^{\cdot}$
Пероксильный радикал	$ROO^{\cdot}$

Если сравнивать между собой все возможные восстановленные формы кислорода, то несомненно перекись водорода является самым стабильным соединением и обладает меньшей реакционной способностью. Ее молекула свободно перемещается в клетке и довольно долго сохраняется в ней. Обычно выступает в роли сигнальной молекулы.

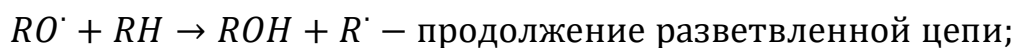
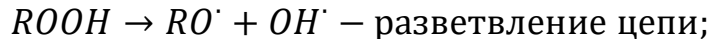
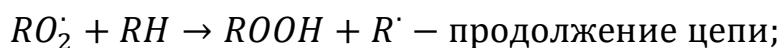
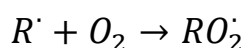
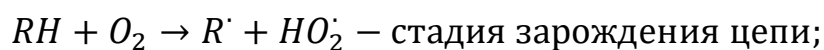
Самым опасным и реакционноспособным выступает гидроксильный радикал. Если бы не короткое время жизни и невозможность диффундировать на значительные расстояния от места образования под его воздействием клеточные



структуры могли бы полностью разрушиться. Супероксид анион в реакции выступает как окислитель, так и восстановитель, именно поэтому он участвует в образовании других АФК.

Раньше казалось, что АФК особо токсичные для клетки метаболиты, поэтому клетка нуждалась в мощной антиоксидантной системе для борьбы с ними. Однако нужно брать во внимание случаи, когда окислительный стресс используется организмом в качестве защитного механизма. Так, например, иммунная система человека борется с патогенами, а некоторые реактивные формы кислорода выступают посредниками в передаче сигнала [2].

Ниже продемонстрирован пример цепного разветвленного механизма перекисного окисления жиров. Протекает достаточно медленно, с образованием свободных радикалов [3]:



где  $RH$  — жирная кислота,  $R\cdot$  — свободный радикал.

В качестве защиты от избытка АФК применяются антиоксиданты. Представителями природных ингибиторов выступают витамины группы Е (токоферолы) и С. Их механизм действия основан на обрыве цепной реакции окисления, замене свободных радикалов на малоактивные либо вовсе на неактивные молекулы. При этом природа самого антиоксиданта не изменяется.

Обычно для предотвращения СРО требуется малое количество антиоксидантов. Поэтому, необходимо придерживаться определенной дозировки витаминов и антиоксидантов. Прием сверх нормы витамина С может привести к резкому изменению гематологических показателей. Избыток витамина Е приводит к развитию рака простаты и печени [4].

### 1.1.1 Классификация антиоксидантов

Антиоксиданты в живой системе локализуют и дезактивируют свободные радикалы, а также нерадикальным путем способны разрушать гидроперекиси. Вступая во взаимодействие с АФК, приводят к их полной и частичной дезактивации. При этом нейтрализуя свободные радикалы подвергаются самостоятельному окислению.

Как было сказано выше, в организме человека с самого рождения непрерывно работает антиоксидантная система, способная предотвращать пагубное воздействие АФК. Однако с годами ее сила ослабевает и нуждается в постоянной поддержке. Нарушение этого баланса приводит к окислительному стрессу, а в последующем к развитию различных патологий. Поэтому необходимо восполнять защитную систему извне с помощью правильного рациона питания или приема БАД.

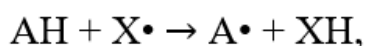
На сегодняшний день не существует общепринятой классификации АОА, однако в источнике [5] предлагают классификацию следующим образом, например, по механизму действия, химической структуре АО (ферментативной и неферментативной природы) и происхождению (эндогенные и экзогенные)

По направлению действия антиоксиданты подразделяются на АО опосредованного (косвенного) и направленного (прямого) действия. В первом случае антиоксиданты способны снижать интенсивность свободнорадикального окисления только в биологических объектах, таких как клеточные органеллы. При прямом же воздействии антиоксиданты свободны оказывать антирадикальное воздействие и вне биологических объектов.

Известно, что антиоксидантная способность во многом зависит от наличия в молекуле определенных функциональных групп. Таким образом выделяют пять групп антиоксидантов прямого действия [6]: доноры протонов, катализаторы, полиены, комплексообразователи и ловушки катализаторов. Каждая из данных категорий имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Однако, предлагаемую классификацию удобно использовать для

поиска и первичного скрининга новых антиоксидантов прямого действия с заданным механизмом.

В данной работе исследуются вещества, которые можно отнести к группе «доноры протонов». А именно, представленные производные фенотиазина: 10-ТФАФТ и 3-ТФЭ-10 МеФТ принадлежат к группе гетероциклических веществ, содержащих атом азота. Ниже продемонстрирован механизм действия данной группы:



где АН – вещество с подвижным атомом водорода;

X• – промежуточный радикальный продукт окисления.

Радикалы A• могут либо переходить в стабильные формы после взаимодействия с X• или A•, либо продолжать участвовать в цепной реакции окисления. Наблюдать корреляцию между способностью доноров протона нейтрализовать радикалы и эффективной борьбе с перекисным окислением липидов не всегда удается.

Помимо азотсодержащих гетероциклических веществ, к донаторам протонов относят фенольные соединения, тиолы, порфирины.

Фенолы способны выраженно угнетать реакции перекисного окисления липидов, при этом их воздействие на радикальные АФК очень слабо, поэтому данные соединения не могут предотвращать окисление белков и нуклеиновых кислот. Представитель данной группы соединений приведен на рисунке 1.1

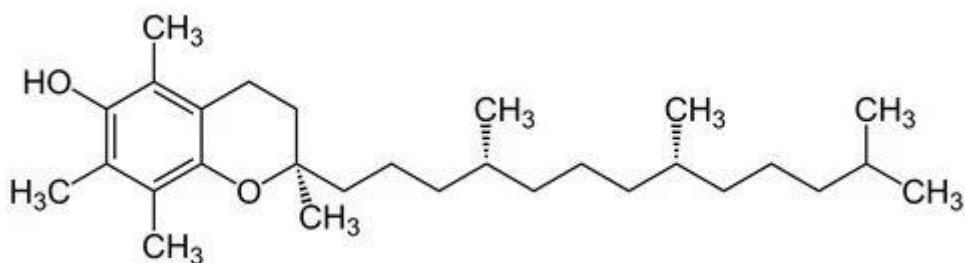


Рисунок 1.1 – Химическая структура токоферола (витамин E)

Тиолы являются более эффективными антиоксидантами, поскольку известно о их эффективном предотвращении окислительных процессов. За счет

образования тиольных радикалов, тиолы проявляют прооксидантный эффект. Одним из представителей данной группы соединений выступает глутатион (рисунок 1.2).

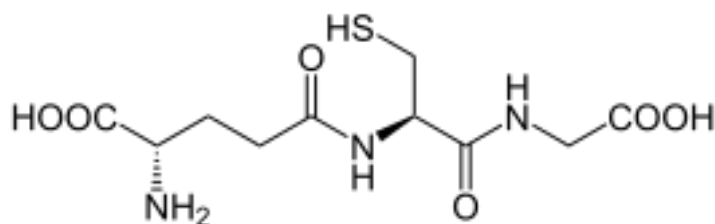


Рисунок 1.2 – Химическая структура глутатиона (GSH)

Однако в источнике [7] говорится, что порфирины могут быть как донорами протона, так и комплексообразователями, и катализаторами в разных системах. Билирубин, представленный на рисунке 1.3, является ярким представителем данной группы соединений.

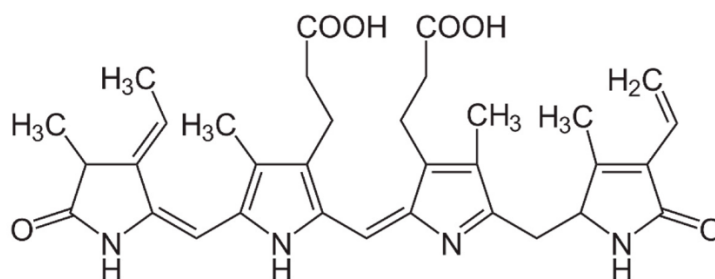


Рисунок 1.3 – Химическая формула билирубина

На данный момент в медицине широко применяются представители доноров протона, как наиболее обширная группа АО.

## 1.2 Производные фенотиазина

Гетероциклическая структура, являющаяся основой данных соединений, представляет собой гетероцикл тиазина с двумя бензольными ядрами. В связи с этим производные фенотиазина являются хорошими донорами электронов и легко вступают в реакции окисления. На рисунке 1.4 продемонстрирована структурная формула фенотиазина.

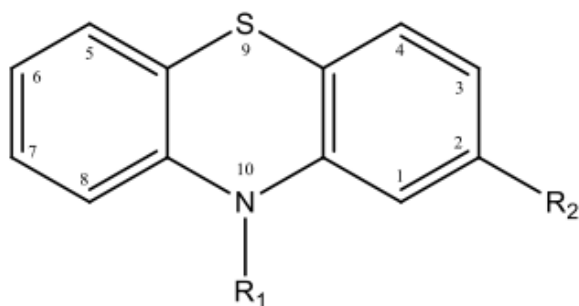


Рисунок 1.4 – Общая формула группы фенотиазинов

Все производные фенотиазина являются кристаллическими веществами белого цвета. Быстро темнеют на свету в процессе окисления кислородом воздуха. На практике данные вещества растворяют в этаноле и апротонных растворителях, таких как ДМСО и ДМФА. В таких растворителях как вода, эфир, данные вещества практически нерастворимы [8].

Из литературы известна схема синтеза соединений данной группы (рисунок 1.5). Циклизацию проводят сплавлением 3-замещенных дифениламинов с серой при температуре 170-180 °С.

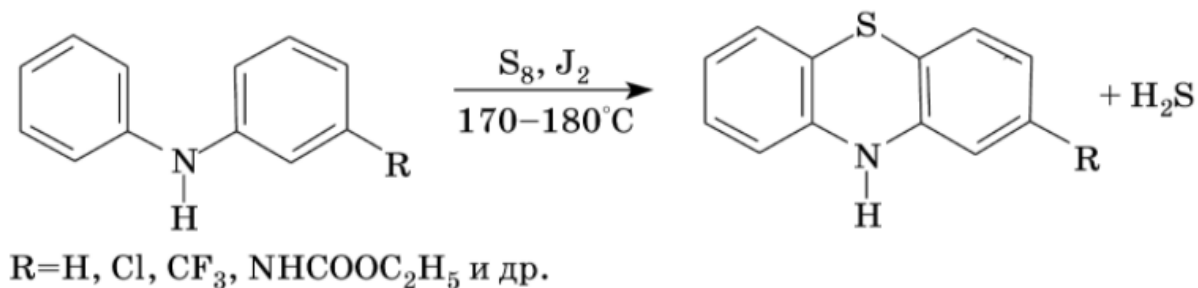


Рисунок 1.5 – Получение производных фенотиазина [9]

Таким образом получают пропазин, метразин и другие соединения, которые служат нейролептиками в лечении психических заболеваний.

### 1.2.1 Классификация производных фенотиазина

В нынешней фармации достаточно большое количество производных фенотиазина уже известны как самостоятельные лекарственные препараты.

Соединения, у которых атом водорода замещен у атома азота алкиламиноалкильными или алкиламиноацильными радикалами разделяют на две основные группы лекарственных средств [10]:

- 10-алкил-производные (промазин, аминазин, хлорпромазин, левомепромазин, трифлуоперазин);
- 10-ацил-производные (морацизин, этацизин).

Препараты первой группы выступают в роли нейролептиков с седативным эффектом. Препараты второй группы широко применяются в лечении сердечно-сосудистых заболеваний.

Однако в фармацевтической химии дополнительно имеется классификация согласно химической структуре заместителей в положении N<sub>10</sub>:

- алифатические, содержащие при атоме азота диалкиламиноалкильную цепь (ацетазин, дипразин, фторацизин, хлорпромазин);
- пиперазиновые, содержащие в боковой цепи ядро пиперазина (флуфеназин, трифлуоперазин, френолон);
- пиперидиновые, содержащие в боковой цепи ядро пиперидина (тиоридазин, меназин).

Применение хлорпромазина, представителя первой группы, способно оказывать сильное седативное действие. Так же в больших дозах проявляется снотворный эффект.

Пиперазиновые производные проявляют большую активность в качестве антипсихотических средств, однако способны вызывать сильные побочные эффекты, например, экстрапирамидные расстройства.

Среди всех вышеперечисленных пиперидиновые соединения наименее активны и обладают незначительными побочными действиями. Они оказывают хороший седативный эффект без сонливости. Благодаря этому их часто назначают пожилым больным.

### 1.2.2 Применение производных фенотиазина

В второй половине двадцатого века в нашей стране и за рубежом было синтезировано множество замещенных производных фенотиазина, которые в последующем эффективно применялись в лечении возбужденных больных, избавляя их от чувства страха, тревоги и рассеянности [11].

В настоящее время данные объекты имеют важное клиническое значение в психиатрии, а также успешно используются в качестве антигистаминных препаратов, для лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Кроме того, известно об их антибактериальном, противоопухолевом и противотуберкулезном действии. Поэтому синтез новых производных фенотиазина довольно актуален и продолжается до сих пор.

Химия данных соединений обеспечивает огромное количество родственных веществ, которые в свою очередь обладают разной биологической активностью. Из источника [12] известно, что характер заместителя при N<sub>10</sub> влияет на фармакологический эффект, а радикал при C<sub>3</sub> потенцирует фармакологическую активность.

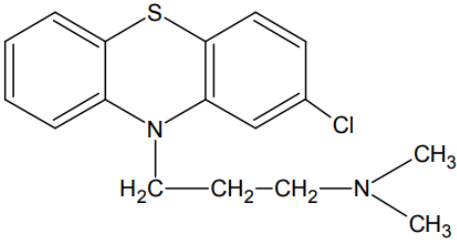
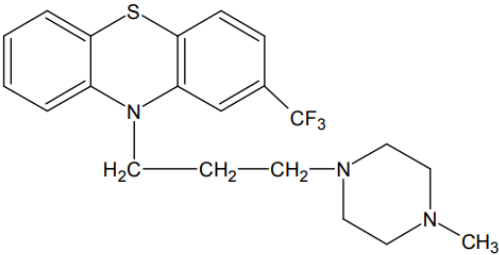
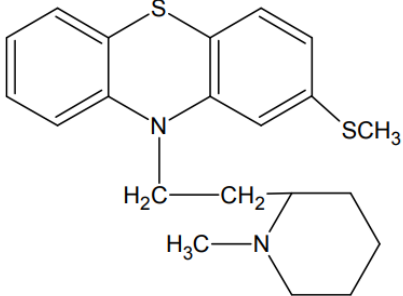
Известно, что производные фенотиазина эффективны против туберкулеза. В работе [14] в ходе исследований *in vitro* было показано, что алкилсульфонаты производных фенотиазина способны эффективно уничтожать вирулентных бактерий *M. Tuberculosis*, при их непосредственном контакте с бактериями. Кроме того, данные соединения способны преодолевать мембранный барьер и подавлять размножение вышесказанных бактерий. В данном случае демонстрируется пример проявления цитотоксичности, в отличие известных нейрорептических свойств.

Выше упоминалось, что некоторые производные фенотиазина, обладающее противораковой активностью, могут применяться в лечении различных видов рака. Так, в работе [15] были предложены новые конъюгаты олигомерфенотиазина, с использованием которых преодолеваются проблемы, связанные с резистентностью к химиотерапевтическим лекарственным средствам. Их преимущество заключается в повышенной цитотоксичности в

отношении резистентных к лекарственным средствам раковых клеток NSCLC, что приводит к получению улучшенных способов терапии рака легкого.

В таблице 1.2. отражены структуры некоторых лекарственных средств производных фенотиазина и их лечебный эффект.

Таблица 1.2 – Лекарственные средства производных фенотиазина [13]

Название	Структурная формула	Свойства
Хлорпромазин		Седативное и снотворное, антиаритмическое и противошоковое действие
Трифлуоперазин		Стимулирующее, активирующее действие, противорвотное
Тиоридазин		Нормализующее поведение, вегетотропное и транквилизирующее действие

На сегодняшний день применение производных фенотиазина в качестве лекарственных средств не ограничивается только психиатрией. Имеется много данных на тему применения данных соединений в лечении онкологических заболеваний, а также в других сферах помимо медицины.

Однако производные фенотиазина находят применение и вне медицины. В источнике [16] утверждается, что данные соединения эффективно и экологично использовать в качестве ингибирующего действие на микробиологическую коррозию стали марки Ст3. Кроме этого, обладая высокой



антиокислительной активностью, производные фенотиазина применяются как стабилизирующие добавки для полимерных композиций.

Красители на основе фенотиазина являются широко изученными красителями для их антибактериального и фотосенсибилизирующего применения. Однако, несмотря на их удивительные оптические и светочувствительные свойства, их использование в наномедицине очень низкое по сравнению с другими органическими красителями [17].

### **1.3 Основные методы определения антиоксидантной активности**

Помимо электрохимических методов, одним из которых является применяемая в данной работе вольтамперометрия, существует множество других физико-химических методов определения антиоксидантной активности.

Таким образом, известно о спектрометрических, флуориметрических и хемилюминесцентных методах анализа. Выбор метода зависит от источника окисления, от объекта, которое подвергается окислению, а также от способа его регистрации. Рассмотрим подробнее суть каждого метода.

Одним из методов определения антиоксидантной активности выступает спектрометрический метод FRAP (ferric reducing/antioxidant power) [18]. С данным методом измеряется восстановление комплекса ионов железа ( $Fe^{3+}$ ) - лиганда до интенсивно окрашенного в синий цвет комплекса железа ( $Fe^{2+}$ ) антиоксидантами в кислой среде. Антиоксидантную активность определяют как увеличение поглощения при 593 нм, а результаты выражают в виде микромолярных эквивалентов  $Fe^{2+}$  или относительно стандарта антиоксиданта (Antolovich et al., 2002). Хотя в оригинальном анализе FRAP использует трипиридилтриазин (TPTZ) в качестве железосвязывающего лиганда, альтернативные лиганды также используются для связывания железа, такие как феррозин для оценки восстановительной способности аскорбиновой кислоты. Метод широко использовался в определении антиоксидантной активности напитков и цитрусовых плодов. Является экспрессным, простым и достаточно экономичным.

Представителем флуориметрических методов служит метод ORAC, что дословно обозначает способность поглощать радикалы кислорода. В качестве источника перекисных радикалов используется 2,2'-азобис(2-амидинопропан) дигидрохлорид (AAPH), который под воздействием определенной температуры начинает разлагаться с выделением пероксида свободного радикала. Ввиду того, что антиоксиданты нейтрализуют воздействие свободных радикалов на флуоресцеин, происходит уменьшение флуоресценции. Количественное определение заключается в нахождении площади между двумя кривыми (рисунок 1.6). Метод достаточно прост, чувствительный, однако достаточно длительный. Известно о его применении в определении АОА пищевых продуктов [19].

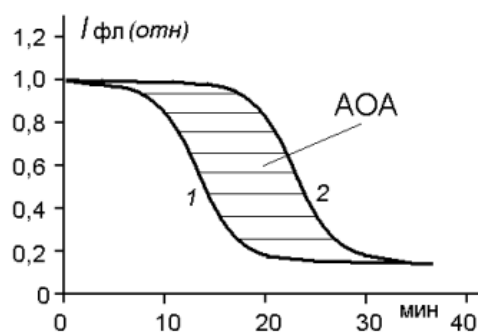


Рисунок 1.6 – Определение АОА по изменению продолжительности флуоресценции: 1 – кинетика флуоресценции в отсутствии АО; 2 – то же, в присутствии АО [20]

Однако, из-за дорогостоящих приборов и долгой продолжительности анализа, отдается предпочтение в сторону электрохимических методов в определении антиоксидантной активности. Известно, что взаимодействие активных кислородных соединений в водных средах имеет электрохимическую природу, что позволят использовать данный метод для максимально точной оценки антиоксидантной активности.

В основе катодной вольтамперометрии лежит реакция электрохимического восстановления кислорода. В ходе определения АОА рассматривается зависимость предельного тока волны ЭВ  $O_2$  до перекиси от концентрации антиоксиданта в объёме раствора и от времени протекания

процесса. В качестве индикаторного электрода используют ртутно-плёночный электрод, в качестве электрода сравнения хлорид-серебряный. Таким образом измеряют величины антиоксидантной активности многих пищевых продуктов и различных фармацевтических субстанций [21].

Амперометрический метод позволяет непосредственно измерять содержание всех антиоксидантов в пробе. В методике заложено измерение электрического тока в ячейке, возникающего в результате окисления исследуемого объекта на поверхности рабочего электрода при определённом потенциале. Ввиду того, что в процессе происходит изменение концентрации анализируемого вещества соответственно регистрируется изменение величины тока, протекающего через ячейку. Анализ достаточно быстр и составляет 3-5 минут. Известно о применении данного метода в определении АО чистых соединений антиоксидантов и образцов чая, вина [22].

В источнике [23] приводится пример использования потенциометрического метода с представленной медиаторной системой  $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$  в оценке антиоксидантной активности продуктов питания. Окисленная форма металла в составе комплексного соединения выступает в роли окислителя. После прохождения химической реакции между антиоксидантом и используемым реагентом, и последующей добавки реагента непосредственно измерялся потенциал.

Достаточно известным и широко используемым электрохимическим методом служит кулонометрическое определение. Реагентом в данном методе выступает электрогенерированный бром, хорошо вступающий в реакции радикального окисления. Его получение осуществляют при проведении электрохимической реакции брома на платиновом электроде, при этом среда должна быть кислая. Метод нашел применение в оценке АОА как смесей, так и индивидуальных компонентов. Например, изучена реакция брома с рутином, которая дает возможность его количественного определения (рисунок 1.7).

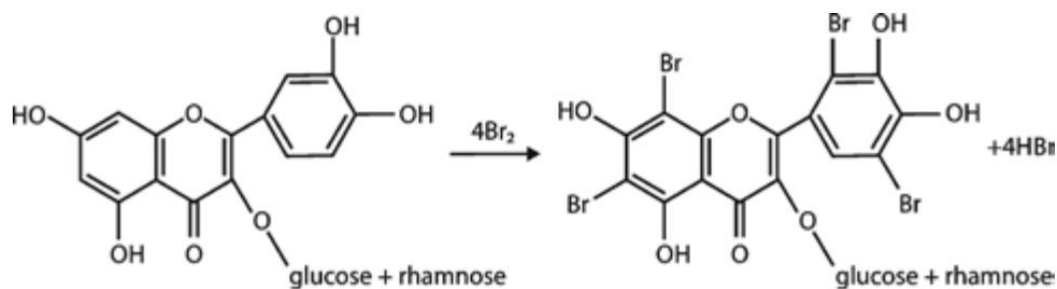


Рисунок 1.7 – Схема взаимодействия брома с рутином [24]

В определении антиоксидантной активности фенольных соединений применяется хемолуминесцентное детектирование. В нем заложена способность люминала давать свечение в результате реакции со свободными радикалами. При добавлении образца АО наблюдается подавление люминесценции. В ходе исследования кинетики изменения интенсивности люминесценции при добавлении в систему антиоксидантов выявляют антиоксидантную активность.

Таким образом, спектр определения антиоксидантной активности достаточно широк и нет какого-то единого существующего метода в оценке АОА. Полученные в ходе эксперимента результаты анализа невозможно сравнивать между собой ввиду того, что используются разные модельные системы, полученные величины носят разную размерность, а также подход измерения различен. Именно поэтому для достижения определённой цели необходимо правильно выбирать метод анализа, либо же модифицировать существующие методы [25].

## 2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Объекты исследования

Соединения, используемые в данной работе, были получены к.х.н. ведущим научным сотрудником Журавковым С.П. (ТПУ, Томск). На рисунке 2.1. представлены структурные формулы исследуемых объектов.

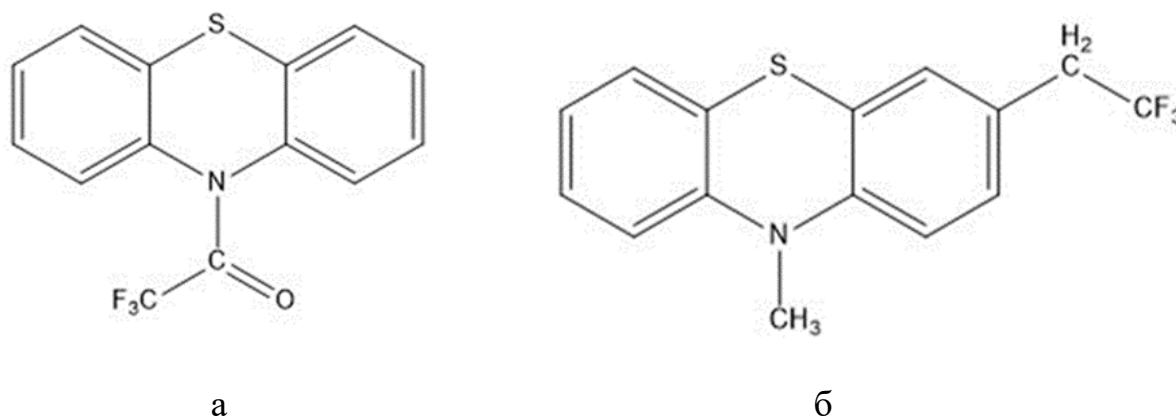


Рисунок 2.1. – Химическое строение объектов исследования:

а – 10-трифторацетил фенотиазин; б – 3-трифторэтил-10 метилфенотиазин

### 2.2 Используемое оборудование

В данной работе остановим свое внимание на одном из электрохимических методов – катодной вольтамперометрии. Определение антиоксидантной активности проводили с использованием вольтамперометрического анализатора ТА-2 (ООО «НПП «Томьаналит» г. Томск), который работает в комплексе с персональным компьютером.

Анализатор имеет огромное количество достоинств [26]:

- возможность параллельно вести анализ трех разных проб;
- анализатор достаточно прост в обслуживании;
- обладает высокой производительностью;
- позволяет достигать высокоэффективного перемешивания за счет вибрации электродов.

Заявлены следующие технические характеристики: высокая чувствительность; большой диапазон определяемых концентрации; маленькие габариты и вес прибора, небольшое время анализа.

Перед работой прибор проходил проверку и подготовку в соответствии с руководством по эксплуатации.

Используемая в работе электрохимическая ячейка представляет собой кварцевый стаканчик объемом 20 см<sup>3</sup>, который устанавливается непосредственно в панель прибора. Помимо этого, задействовали колбы вместимостью 250 см<sup>3</sup>; стеклянные стаканчики объемом 50 см<sup>3</sup>; пенициллиновые флаконы для проб объемом 10 см<sup>3</sup>. Для рабочих растворов использовали пластиковые стаканчики вместимостью 100 см<sup>3</sup>.

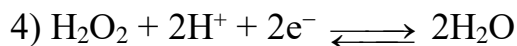
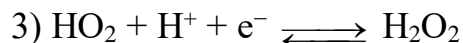
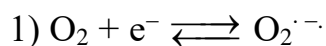
В процессе исследовательской работы применяли двухэлектродную систему, включающую в себя индикаторный электрод и электрод сравнения.

В качестве индикаторного электрода выступал ртутно-пленочный электрод (РПЭ). Рабочая поверхность электрода представляет собой серебряный стержень, на поверхности которого создают амальгаму серебра путем механического нанесения тонкого слоя ртути. Готовый к работе электрод необходимо хранить в дистиллированной воде.

Хлоридсеребряный электрод (ХСЭ) использовался как электрод сравнения. Состоит он из серебряной проволоки, покрытой труднорастворимой солью AgCl. Сама проволока опущена в насыщенный раствор KCl. Готовый электрод необходимо хранить в насыщенном растворе хлорида калия и промывать дистиллированной водой для его стабильной эксплуатации.

### **2.3 Методика проведения эксперимента по определению антиоксидантной активности**

Определение антиоксидантной активности исследуемых объектов выполняли с помощью метода катодной вольтамперметрии. В основе данного метода лежит модельная реакция ЭВ O<sub>2</sub>, состоящая из множества стадий и протекающая на поверхности РПЭ согласно механизму [27]:



Стадии 1 и 2 являются лимитирующими для процессов, протекающих в протонных средах. Предполагаемый антиоксидантный эффект проявляется в том, что при реакции исследуемых объектов с кислородом и его активными радикалами на поверхности индикаторного электрода происходит падение катодного тока электровосстановления кислорода.

Используемый в работе метод вольтамперметрии заключается в получении вольтамперограмм катодного тока электровосстановления кислорода.

Условия при которых проводился эксперимент были следующими:

- режим съемки вольтамперограмм: постоянноточковый;
- диапазон потенциалов от 0.0 до -1.0 В;
- электроды, используемые в ячейке: РПЭ, ХСЭ;
- скорость развертки потенциала составляла 30 мВ/с;
- фоновым электролитом выступал водно-этанольный раствор 0,1 Н NaClO<sub>4</sub> в концентрациях (30 %, 50 %, 70 %, 85 %);
- время перемешивания раствора составляло 20 с;
- успокоение системы происходило 10 с.

Растворение навески и разбавление раствора исследуемого объекта проходило следующим образом: навеску массой 0,1 г. подвергали растворению в 10,0 см<sup>3</sup> 96 % этилового спирта; далее, из этого раствора брали аликвоту объемом 0,5 см<sup>3</sup> и доводили спиртом до 5,0 см<sup>3</sup>; аналогичные действия выполняли для третьего раствора. Таким образом были получены растворы исследуемых компонентов в следующих концентрациях (0,01 %, 0,1 %, 1 %).

Для приготовления фона использовали водный и спиртовой раствор электролита 0,1 Н NaClO<sub>4</sub>. Путем смешения в определенных объемах получали растворы фона с концентрациями 30 %, 50 %, 70 % и 85 %. Готовили данный раствор растворением точной навески электролитов в колбе объемом 250 см<sup>3</sup>.

Определение антиоксидантной активности исследуемых образцов включало в себя несколько этапов. Изначально снималась фоновая кривая, т.е. вольтамперограмма тока ЭВ O<sub>2</sub> в отсутствие исследуемого вещества согласно условиям эксперимента. Фоновый раствор считали чистым, если не наблюдалось никаких посторонних пиков. Далее в ячейку добавлялся раствор пробы определенного объема и согласно заданным условиям регистрировалась катодная вольтамперограмма ЭВ O<sub>2</sub>. Действия повторяли не менее пяти раз через определенный промежуток времени и каждый раз оценивали значение предельного тока ЭВ O<sub>2</sub>.

Падение тока ЭВ O<sub>2</sub> по своему абсолютному значению говорит о том, что исследуемые образцы реагируют с кислородом и его АФК в исследуемом растворе. В данной работе показателем антиоксидантной активности исследуемых образцов выступала степень уменьшения тока ЭВ O<sub>2</sub>.

Коэффициент антиоксидантной активности К, мкмоль/(л·мин) рассчитывался по формуле:

$$K = \frac{C_{O_2}}{t} \left( 1 - \frac{I_i}{I_0} \right),$$

где C<sub>O<sub>2</sub></sub> – концентрация кислорода в исходном растворе в отсутствие вещества, мкмоль/л;

t – время протекания процесса, мин;

I<sub>i</sub> – текущее значение предельного тока ЭВ O<sub>2</sub>, мкА

I<sub>0</sub> – значение предельного тока ЭВ O<sub>2</sub> в отсутствие вещества в растворе, мкА.

Ввиду того, что концентрация кислорода различна при разных концентрациях водно-этанольного раствора 0,1 Н NaClO<sub>4</sub>, который выступал как



фоновый раствор, для оценки АОА использовалась степень уменьшения тока ЭВ  $O_2$  при добавлении исследуемого образца в процентах согласно формуле:

$$Y = \left(1 - \frac{I_i}{I_0}\right) \cdot \frac{100 \%}{t}$$

$t$  – время протекания процесса, мин;

где  $I_i$  – текущее значение предельного тока ЭВ  $O_2$ , мкА

$I_0$  – значение предельного тока ЭВ  $O_2$  в отсутствии вещества в растворе, мкА.

## **4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала проведения научно-исследовательской работы ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Целью раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения работ в рамках ВКР;
- определение возможных альтернатив проведения работ, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование работы;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности работы.

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Данное исследование направлено на изучение закономерности электровосстановления кислорода в присутствии производных фенотиазина в водно-этанольных средах методом вольтамперометрии. Исследование антиоксидантной активности данных веществ в будущем позволит создавать более совершенные фармакологические препараты различной направленности, а также открывает новые возможности их дальнейшего применения в качестве антиоксидантов.

Таким образом, потенциальными потребителями результатов исследования антиоксидантных свойств ряда производных фенотиазина могут быть фармацевтические компании и лаборатории разных профилей.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Проведение детального анализа конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Данный анализ позволяет вносить коррективы в научное исследование для улучшения его конкурентоспособности.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта сравнения конкурирующих технических решений исследования антиоксидантной активности ряда производных фенотиазина представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок):  $K_{\phi}$  – вольтамперометрический метод анализа,  $K_{K1}$  – хроматографический метод анализа,  $K_{K2}$  – спектрофотометрический метод анализа.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{K1}$	$B_{K2}$	$K_{\phi}$	$K_{K1}$	$K_{K2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Точность определения	0,25	5	4	5	1,25	1	1,25
2. Экспрессность	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
3. Простота эксплуатации	0,15	4	3	5	0,6	0,45	0,75
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Цена	0,25	5	3	4	1,25	0,75	1
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	4	4	3	0,4	0,4	0,3
3. Стоимость оборудования	0,10	4	3	3	0,4	0,3	0,3
Итого	1				4,65	3,5	4,05

Анализ конкурентных разработок определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i,$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Согласно таблице 4.1, научная разработка, исследуемая в данной выпускной квалификационной работе, является конкурентоспособной, так как, по сравнению с конкурентными разработками, является более экспрессной и дешевой.

#### 4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ (Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы)) – это инструмент стратегического анализа и планирования, применяемый для оценки явлений и факторов, оказывающих влияние на компанию или проект.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты первого этапа SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Точность определения. С2. Экспрессность. С3. Одновременный анализ трех разных проб. С4. Низкая себестоимость анализа.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Обязательная необходимость прибора. Сл2. Обязательная необходимость дополнительных материалов к прибору.
<b>Возможности:</b> В1. Выявление оптимальных условий определения АОА. В2. Расширение областей применения исследуемого объекта. В3. Широкое использование вольтамперометрии в качестве метода анализа в медицине.		

Продолжение таблицы 4.2

<p><b>Угрозы:</b>          У1. Развитие конкурентных методов анализа.          У2. Повышение стоимости оборудования.          У3. Отсутствие необходимых комплектующих.</p>		
---	--	--

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

В рамках данного этапа были построены интерактивные матрицы проекта, представленные в таблицах 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица возможностей проекта

Возможности	Сильные стороны				Слабые стороны	
	С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2
В1	+	+	-	0	-	-
В2	+	+	-	-	-	-
В3	+	+	+	+	-	-

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица угроз проекта

Угрозы	Сильные стороны				Слабые стороны	
	С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2
У1	+	+	+	-	+	+
У2	-	-	-	+	-	-
У3	+	+	+	0	-	-

Таким образом, Для определения критериев, влияющих на эффективной/неэффективной проекта, а также исследования внешней и внутренней среды проекта в рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.5

Таблица 4.5 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Точность определения. С2. Экспрессность. С3. Одновременный анализ трех разных проб. С4. Низкая себестоимость анализа.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Обязательная необходимость прибора. Сл2. Обязательная необходимость дополнительных материалов к прибору.
<b>Возможности:</b> В1. Выявление оптимальных условий определения АОА. В2. Расширение областей применения исследуемого объекта. В3. Широкое использование вольтамперометрии в качестве метода анализа в медицине.	Благодаря спросу на новые продукт, появляется возможность использовать вольтамперометрию в качестве метода анализа в медицине. А также появляется возможность использовать вновь синтезированные вещества в различных сферах.	Длительность поставок материалов и оборудования может негативно сказаться на успешном внедрении данного объекта на рынок, а соответственно, на его спросе.
<b>Угрозы:</b> У1. Развитие конкурентных методов анализа. У2. Повышение стоимости оборудования. У3. Отсутствие необходимых реактивов.	Заявленная низкая стоимость анализа и экспрессность могут сделать предлагаемую методику конкурентоспособной.	Отсутствие комплектующих и необходимых реактивов, может привести к большим затратам времени на проведение исследований. Необходимо провести маркетинговую стратегию в области продвижения разработки на рынок.

Таким образом, при помощи SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны исследовательского проекта, рассмотрены возможности и угрозы.

## 4.2 Планирование научно-исследовательской работы

### 4.2.1 Структура работ в рамках проводимого исследования

Для выполнения данной ВКР была сформирована рабочая группа, в состав которой входят: студент, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. В таблице 6 представлен составленный

перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования с распределением исполнителей по видам работ.

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, студент
Выбор направления исследований	2	Ознакомление с экспериментальными данными и выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение лабораторных анализов	Студент
	6	Проведение расчётов и их обоснование на основании экспериментальных данных	Студент
	7	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	Научный руководитель, студент
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент
<b>Проведение ВКР</b>			
Оформление комплекта документации по ВКР	9	Оценка эффективности применения анализа	Студент, консультант по ЭЧ
	10	Разработка социальной ответственности по теме	Студент, консультант по СО
	11	Составление пояснительной записки	Студент
	12	Сдача работы на рецензию	Студент
	13	Предзащита ВКР	Научный руководитель, студент
	14	Подготовка к защите ВКР	Студент
	15	Защита ВКР	

#### 4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит

от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ож i}$  используется следующая формула [30]:

$$t_{ож i} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Расчет производится по следующей формуле [30]:

$$T_{p i} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i},$$

где  $T_{p i}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

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

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

#### **4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования**

При выполнении ВКР студенты становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.



Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой [30]:

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

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле (рабочая неделя участников группы является 6-дневной):

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

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

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

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

Количество календарных дней для 2021/2022 учебного года составило 365. Количество выходных и праздничных дней – 66.

Тогда коэффициент календарности составит:

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

Результаты расчета временных показателей по приведенным выше формулам представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Временные показатели проведения научного исследования: Н – научный руководитель, С – студент, К<sub>1</sub> – консультант по экономической части, К<sub>2</sub> – консультант по социальной ответственности.

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнитель	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ чел-дни	$t_{max i}$ чел-дни	$t_{ож i}$ чел-дни			

Продолжение таблицы 4.7

Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	Н	0,4	1
	1	2	1,4	С	0,4	1
	1	2	1,4	К <sub>1</sub>	0,4	1
	1	2	1,4	К <sub>2</sub>	0,4	1
Ознакомление с экспериментальными данными и выбор направления исследований	3	5	3,8	Н	1,9	2
	5	7	5,8	С	2,9	4
Подбор и изучение материалов по теме	3	5	3,8	Н	1,9	2
	3	7	4,6	С	2,3	3
Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	Н	0,9	1
	1	3	1,8	С	0,9	1
Проведение лабораторных анализов	14	21	16,8	С	16,8	21
Проведение расчётов и их обоснование на основании экспериментальных данных	3	4	3,4	С	3,4	4
Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	2	3	2,4	Н	1,2	2
	2	7	4	С	2	2
Оценка эффективности полученных результатов	2	4	2,8	Н	1,4	2
	4	7	5,2	С	2,6	3
Оценка эффективности применения анализа	5	10	7	К <sub>1</sub>	3,5	4
	5	10	7	С	3,5	4
Разработка социальной ответственности по теме	3	8	5	К <sub>2</sub>	2,5	3
	3	8	5	С	2,5	3
Составление пояснительной записки	25	30	27	С	27	33
Сдача работ на рецензию	1	4	2,2	С	2,2	3
Предзащита ВКР	1	1	1	Н	0,5	1
	1	1	1	С	0,5	1
Подготовка к защите ВКР	5	6	5,4	С	5,4	7
Защита ВКР	1	1	1	С	1	1
Итого:					88,4	111

Продолжительность работ, выполняемых исполнителями:

– научный руководитель – 8,2 раб.дней;

– студент – 73,4 раб.дней;

- консультант по ЭЧ – 3,9 раб.дней;
- консультант СО – 2,9 раб.дней.

На основании таблицы 4.7 построен календарный план-график, представленный в приложении А (таблица А.1).

### **4.3. Бюджет исследования**

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

- материальные затраты НИР;
- затраты на оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

#### **4.3.1 Расчет материальных затрат научно-исследовательской работы**

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле [30]:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{рас } i},$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{рас } i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (принимается в пределах 15-25 %).

Значения цен на материальные ресурсы установлены по данным, размещенным в открытом доступе в Интернете предприятиями-изготовителями

(таблица 4.8). Транспортные расходы ( $k_T$ ) принимаем как 20 % от стоимости материалов.

Таблица 4.8 – Материальные затраты проекта

Наименование	Ед.изм.	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, Зм, руб.
Этиловый спирт	мл	1000	0,06	72
Перхлорат натрия	г	24	4,7	135,4
Калия хлорид насыщенный	мл	20	3,4	81,6
Образцы производных фенотиазина	г	2	10	20
Флакон пенициллиновый	шт	6	7	50,4
ХСЭ	шт	4	750	3600
РПЭ	шт	2	800	1920
Колбы мерные на 250 см <sup>3</sup>	шт	2	1700	4080
Стаканы на 50 см <sup>3</sup>	шт	2	116	278,4
Воронка стеклянная диаметром: 25 мм	шт	1	60	72
100 мм	шт	1	180	216
Итого				10525,8

#### 4.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментальных работ

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты на его доставку и монтаж в размере 15 % от его цены. Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, отображены в таблице 4.9.

В таблице 4.10 приведены амортизационные отчисления, рассчитанные линейным методом.

Таблица 4.9 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Вольтамперометрический анализатор «ГА-2» (ООО «Томьаналит» г. Томск,	1	230000	264500
2	Дистиллятор для приготовления воды очищенной (Россия, ЧЗБТ)	1	35000	40250
3	Весы аналитические (класс точности 0,0001 г., Россия)	1	38000	43700
4	Дозатор пипеточный переменного объема 0,5-5 мл (Россия)	1	8205	9436
5	Дозатор автоматический одноканальный переменного объема 100-1000 мкл (Россия)	1	6814	7836
Итого				365722

Таблица 4.10 – Амортизационные отчисления

№ п/п	Стоимость оборудования, руб.	Срок службы оборудования, лет	Норма амортизации, %	Время использования, мес.	Величина амортизации, руб.
1	264500	5	20	3	13225
2	40250			3	2012,5
3	43700			3	2185
4	9436			3	471,8
5	7836			3	391,8
Итого					18286,1

#### 4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата ( $Z_{зп}$ ) включает основную заработную плату ( $Z_{осн}$ ) работников (включая премии, доплаты), непосредственно участвующих в НИР, и дополнительную заработную плату ( $Z_{доп}$ ). В состав основной заработной платы

включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада [30]:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых исследователем;

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

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

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года ( $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя при отпуске в 48 раб.дня);

$F_{дн}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн. (таблица 4.11).

Таблица 11 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент	Консультант по ЭЧ	Консультант по СО
Календарное число дней	365			
Количество нерабочих дней:				
– выходные дни	52	52	52	52
– праздничные дни	14	14	14	14
Потери рабочего времени:				
– отпуск	56	28	56	56
– невыходы по болезни	0	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	271	243	243

Месячный оклад работника:

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

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

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

$k_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$ , руб.	$T_{р}$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	37700	0,3	0,35	1,3	80866,5	8,2	28379,8
Студент	19200	0,3	0,35	1,3	41184	73,4	116008,2
Консультант по СО	27132	0,3	0,35	1,3	58198	2,9	7223,3
Консультант по ЭЧ	37700	0,3	0,35	1,3	80866,5	3,9	13497,7
Итого							165109

#### 4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы проводится по следующей формуле [1]:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (принимается равным из диапазона 0,12-0,15).

Расчет общей заработной платы представлен в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Общая заработная плата исполнителей

Заработная плата	Научный руководитель	Студент	Консультант по СО	Консультант по ЭЧ
Основная	28379,8	116008,2	7223,3	13497,7
Дополнительная	4257	17401,2	1083,5	2024,7
Итого	32636,8	133409,4	8306,8	15522,4

#### 4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется, исходя из следующей формулы [30]:

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, $Z_{\text{осн}}$ , руб.	Дополнительная заработная плата, $Z_{\text{доп}}$ , руб.
Научный руководитель	28379,8	4257
Студент	116008,2	17401,2
Консультант по СО	7223,3	1083,5
Консультант по ЭЧ	13497,7	2024,7
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,30	
Отчисления во внебюджетные фонды, $Z_{\text{внеб}}$ , руб.		
Научный руководитель	$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (28379,8 + 4257) = 9791$	
Студент	$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (116008,2 + 17401,2) = 40022,8$	
Консультант по СО	$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (7223,3 + 1083,5) = 2492$	
Консультант по ЭЧ	$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (13497,7 + 2024,7) = 4656,7$	

#### 4.3.6. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов (печать и ксерокопирование, оплата услуг связи, электроэнергии и т.п.). Их величина определяется по следующей формуле [1]:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы (величина принята в размере 16 %).



Тогда величина накладных расходов составит:

$$Z_{\text{накл}} = (10525,8 + 18286,1 + 165109 + 24766,4 + 56962,5) \cdot 0,16 = 44103,6$$

#### **4.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Рассчитанная величина затрат НИР является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на НИР исполнения приведено в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет бюджета затрат НИР

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	10525,8	Пункт 4.3.1 Таблица 4.8
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	18286,1	Пункт 4.3.2 Таблица 4.10
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	165109	Пункт 4.3.3 Таблица 4.12
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	24766,4	Пункт 4.3.4 Таблица 4.13
5. Отчисления во внебюджетные фонды	56962,5	Пункт 4.3.5 Таблица 4.14
6. Накладные расходы	44103,6	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат	319753,4	Сумма ст. 1-6

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения

исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как [30]:

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

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

$\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки (таблица 4.16) отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Таблица 4.16 – Расчёт интегрального финансового показателя

Исполнение	Стоимость исполнения	Максимальная стоимость исполнения	Интегральный финансовый показатель
Исп.1	319753,4	908152,8	0,35
Исп.2	301457		0,33
Исп.3	908152,8		1

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [30]:

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

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

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

В таблице 4.17 представлены данные для расчета интегрального показателя ресурсоэффективности.

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта: Исп.1 – вольтамперометрическая методика, Исп.2 – спектрофотометрическая методика, Исп.3 – хроматографическая методика.

№	Критерий	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Точность определения	0,4	5	5	4
2	Экспрессность	0,3	5	3	4
3	Простота эксплуатации	0,3	4	5	3
Итого		1	4,7	4,4	3,7

$$I_{p-исп.1} = 0,4 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 4 = 4,7$$

$$I_{p-исп.2} = 0,4 \cdot 5 + 0,3 \cdot 3 + 0,3 \cdot 5 = 4,4$$

$$I_{p-исп.3} = 0,4 \cdot 4 + 0,3 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 = 3,7$$

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

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

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

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

Показатели эффективности разработки представлены в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,35	0,33	1

*Продолжение таблицы 4.18*

2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	4,4	3,7
3	Интегральный показатель эффективности	13,43	13,33	3,7
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,01	0,99	0,28
		3,6	3,6	0,28

Таким образом, согласно таблице 4.18, разработка с применением вольтамперометрической методики является более ресурсоэффективной, чем другие предлагаемые методики, так как она более точна и проста в эксплуатации.

#### **4.5 Выводы по разделу**

В данном разделе был проанализирован коммерческий потенциал научного исследования и проведен анализ конкурентных технических решений.

Проведено планирование научно-исследовательской работы, в результате чего определена структура работ и ее исполнители, установлена продолжительность работ, результатом явился построенный календарный план-график (таблица А.1) проведения научно-исследовательской работы по оценке оптимальных условий определения антиоксидантной активности ряда производных фенотиазина.

Проведен расчет бюджета научно-исследовательской работы, в ходе которого были рассчитаны материальные затраты и затраты на специальное оборудование для проведения исследований, а также произведен расчет общей заработной платы, отчислений во внебюджетные фонды и накладных расходов. В результате данных расчетов был сформирован бюджет научно-исследовательской работы, который составил 319753,4 руб.

Показатели эффективности разработки показывают, что выбранный вариант исполнения эффективен. Таким образом, использование вольтамперометрии в качестве метода анализа для оценки антиоксидантной активности производных фенотиазина будет более эффективным с точки зрения ресурсоэффективности, чем использование других методов анализа.

## **5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

Сущность работы заключалась в оценке оптимальных условий определения антиоксидантной активности новых производных фенотиазина, что является актуальным, поскольку открывает новые возможности их дальнейшего применения в качестве антиоксидантов и лекарственных препаратов.

Измерения проводились на автоматизированном вольтамперометрическом анализаторе «ТА-2» (ООО «Томьаналит» г. Томск, Россия) в лабораторном помещении 2 корпуса ОХИ НИ ТПУ, которое оснащено необходимым оборудованием и реактивами для проведения научной работы.

В данном разделе рассматриваются следующие аспекты: правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность, а также безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС).

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В данном подразделе рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства, также приведены основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны для создания комфортной рабочей среды при проведении исследований антиоксидантной активности ряда производных фенотиазина.

#### **5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства**

Основные правовые гарантии в части обеспечения производственной безопасности регламентирует Трудовой кодекс Российской Федерации.

Согласно данному документу, каждый работник химической лаборатории 2 корпуса ТПУ имеет право на [31]:

– рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;

– обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;

– получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;

– отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

– обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

– обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

– внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

Опасные и вредные условия труда оказывают негативное воздействие на организм работника и влияют на его работоспособность. Согласно [31] главе 21, работник, занятый на тяжелых работах, работах с вредными или опасными и иными особыми условиями труда, имеет право получать повышенную ставку оплаты труда. Также возможно предоставление дополнительного оплачиваемого отпуска и досрочное назначение трудовой пенсии.

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Правильное расположение и компоновка рабочего места позволяет проводить трудовой процесс более эффективно, а также уменьшает и предотвращает степень возникновения профессиональных заболеваний. Работа

в лаборатории подразумевает проведение экспериментов в стоячем и сидячем положениях. В связи с этим, рабочее место сотрудника химической лаборатории 2 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям [32,33].

К организационным мероприятиям при компоновке рабочей зоны в лаборатории относят:

- наличие естественного и искусственного освещения, в соответствии с требованием СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [34];

- поддержание температуры воздуха в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [35];

- наличие вентиляции, которая обеспечивает необходимый воздухообмен для работников, а также способствует поддержанию уровня влажности и температуры;

- полы должны быть покрыты линолеумом или резином, в специальных боксах – гладкой плиткой;

- лабораторная мебель должна быть окрашена эмалевой или масляной краской, рабочие поверхности покрываются химически устойчивым материалом;

- ширина проходов к рабочим местам или между рядами оборудования должна быть не менее 1,5 м;

- электроприборы необходимо включать в сеть под соответствующим напряжением, что позволяет избежать поломки оборудования и возникновения пожароопасных ситуаций;

- предоставление рабочему персоналу комплекта средств индивидуальной защиты: спецодежда, перчатки, обувь и др.

## **5.2 Производственная безопасность**

В данном разделе были проанализированы вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при проведении исследований в лаборатории.

### 5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований

При исследовании антиоксидантной активности производных фенотиазина возможно возникновение опасных и вредных факторов, которые оказывают отрицательное влияние на здоровье сотрудников. Перечень опасных и вредных факторов, присутствующих при выполнении эксперимента, представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работы			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды на рабочем месте	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21 [35]
2. Повышенный уровень шума	-	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 [36] ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ [37]
3. Отсутствие или недостаток необходимого освещения	+	+	+	ГОСТ Р 55710-2013 [38]
4. Статические перегрузки	+	+	+	ГОСТ 12.2.033-78 [32] ГОСТ 12.2.032-78 [33]
5. Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, называемые для краткости химическими веществами (таблица 1.2)	-	+	+	ГОСТ 12.1.007-7 [39]
6. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	+	+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 [40]

Таблица 5.2 – Вредные вещества и их характеристика [41]

Вещество	ПДК мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Воздействие на организм
Спирт этиловый	1000	4	При длительном воздействии больших доз может вызвать тяжелые органические заболевания нервной системы, печени, сердечно-сосудистой системы, пищеварительного тракта.



## 5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия опасных и вредных факторов на исследователя

Рассмотрим мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных факторов, при работе в химической лаборатории 2 корпуса НИ ТПУ.

*Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды на рабочем месте*

Допустимые показатели параметров микроклимата, приведенные в таблице 2, контролируются согласно соответствующему нормативному документу [35].

Таблица 5.3 – Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах в помещениях

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Ниже оптимальной	Выше оптимальной			Ниже оптимальной	Выше оптимальной
Холодный	20-22	24-25	19-26	15-75	0,1	0,2
Теплый	21-23	25-28	20-29	15-75	0,2	0,3

В лаборатории создание микроклимата обеспечивается естественное вентиляцией: форточки, двери, приточная вытяжная вентиляция.

*Повышенный уровень шума*

Шум может оказывать вредное воздействие на центральную нервную систему, вызывая переутомление и истощение клеток головного мозга. Влияние шума может привести к возникновению профессиональных заболеваний (шумовая болезнь), которые проявляются в виде гипертонии, головных болях.

Согласно [36], ПДК уровня шума в измерительных и аналитических лабораториях составляет 60 дБА.

Для уменьшения уровня звуковых колебаний проводят следующие основные мероприятия [37]:

- рациональная планировка оборудования;
- использование шумобезопасной техники;
- уменьшение уровня шума источника;

Условия труда по шумовому фактору в химической лаборатории 2 корпуса ТПУ соответствуют допустимым нормам.

*Отсутствие или недостаток необходимого освещения*

Плохое освещение негативно воздействует на зрение, приводит к быстрому утомлению, снижает работоспособность, вызывает дискомфорт, является причиной головной боли и бессонницы.

Требования к параметрам освещенности, таким как равномерность освещения, коэффициент пульсации, общий индекс цветопередачи и др., нормируются в соответствии с ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий» [38].

Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения в соответствии с [35] представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
		КЕО $e_n$ , %		КЕО $e_n$ , %	
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Лаборатории органической и неорганической химии	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7
Помещение	Искусственное освещение				
	Освещенность, лк			Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, $K_{п}$ , %, не более
	при комбинированном освещении		при общем освещении		
всего	от общего				
Лаборатории органической и неорганической химии	500	300	400	40	10
КЕО – коэффициент естественной освещенности; Г – горизонтальная плоскость.					

Согласно данным, условия труда по световому фактору в химической лаборатории 2 корпуса ТПУ соответствуют допустимым нормам.

#### *Статические перегрузки*

Статические перегрузки вызываются длительным пребыванием человека в вынужденном положении тела во время работы или длительным напряжением отдельных групп мышц.

Примером таких перегрузок может являться работа с наклоненной головой или туловищем, на корточках, с упором на локоть, удержание изделия на весу и т.д.

В связи с этим, рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах легкой и оптимальной зоны досягаемости моторного поля в вертикальной и горизонтальной плоскостях. При проектировании рабочей зоны необходимо учитывать антропометрические показатели как мужчин, так и женщин [32,33].

*Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, называемые для краткости химическими веществами*

При исследовании антиоксидантной активности производных фенотиазина используются химические реактивы. Так, при разведении навесок исследуемых веществ и приготовлении рабочих растворов используется этиловый спирт. Для создания фоновых растворов использовали электролит перхлорат натрия, который оказывает раздражающее воздействие на глаза, кожу и дыхательные пути. Спирт обладает наркотическим действием, вызывает сухость кожи, пары спирта раздражают слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, поэтому при работе с ним следует применять специальную одежду в соответствии с отраслевыми нормами.

*Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий*

По опасности поражения электрическим током лаборатория относится к первому классу – «помещения без повышенной опасности», т.е. помещение сухое (влажность до 60 %), хорошо проветриваемое, хорошо отапливаемое (температура воздуха до 30 °С), без токопроводящей пыли, с токонепроводящими полами [42].

Основными причинами электротравматизма являются неисправное электрическое оборудование, несоответствие типа электроустановок и защитных средств, несвоевременная замена неисправного или устаревшего оборудования.

В целях предотвращения электротравматизма запрещается работать на неисправных электрических приборах и установках, перегружать электросеть, переносить и оставлять без надзора включенные электроприборы, загромождать подходы к электрическим устройствам.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током в лаборатории используются следующие средства защиты: защитные оболочки, защитные ограждения (щиты), изоляция токоведущих частей, знаки безопасности, защитное заземление, зануление, защитное отключение.

В целях обеспечения безопасности работ в действующих электроустановках принимают следующие организационные меры: назначают лиц, ответственных за организацию и производство работ; оформляют наряд или распоряжение; организуют допуск к проведению работ и надзор за их проведением; оформляют перерывы в работе, переводы на другие рабочие места и устанавливают время окончания работ.

### **5.3 Экологическая безопасность**

На сегодняшний день довольно актуальной является проблема экологической безопасности. Вещества, используемые в работе, могут попадать в окружающую среду по сточным водам, в виде газа, пыли и твёрдых отходов производства, однако их количество незначительно. Следовательно, химическая лаборатория не является особо опасным объектом воздействия на окружающую среду.

Существует два основных подхода к проблеме защиты окружающей среды:

- путем максимально эффективной очистки;
- путем создания замкнутой безотходной технологической системы.

Для лаборатории наиболее оптимален выбор первого варианта.

### **5.3.1 Воздействие на атмосферу**

Для снижения ущерба и избегания попадания вредных газов и паров в атмосферу, все работы необходимо проводить в вытяжном шкафу, оборудованном адсорбционным фильтром. В помещении должна быть налажена система вентиляции для эффективного очищения воздушного потока.

### **5.3.2 Воздействие на гидросферу**

Спирт и содержащие его жидкости относятся к токсичным веществам, поэтому сливать в канализацию их нельзя, даже если объемы образующихся отходов невелики. В противном случае они могут стать причиной негативных изменений в биологической среде и приводить к другим экологическим проблемам.

Спирт относится к отходам класса Г, сбор должен осуществляться в месте образования в герметично закрывающиеся емкости черного цвета с соответствующей маркировкой. После этого их необходимо транспортировать для хранения в специально подготовленные помещения. Далее должна производиться дезактивация спирта и других спиртосодержащих жидкостей.

После этого отходы класса Г с обязательным оформлением акта приема-передачи вывозятся лицензированными компаниями к месту уничтожения на специально оборудованном транспорте.

### **5.3.3 Воздействие на литосферу**

В процессе лабораторных исследований образуются такие твердые отходы как: стекло (посуда), пластик, бумага. Данные отходы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения. Наиболее опасными

отходами для литосферы в условиях лаборатории являются отработанные люминесцентные лампы, относящиеся к 1 классу опасности. Их утилизация производится согласно [43].

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Одним из важнейших факторов в безопасности жизнедеятельности людей является подготовленность к чрезвычайным ситуациям.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [44].

##### **5.4.1 Анализ возможных ЧС**

При работе в химической лаборатории возможно возникновение нескольких видов чрезвычайной ситуации:

- замыкание проводки, которое приводит к возгоранию;
- неисправность оборудования;
- утечка токсичных веществ;
- получение термического или химического ожога;
- отравление различными реагентами или их парами.

Также необходимо отметить стихийные бедствия, которые внезапно могут возникнуть в ходе выполнения работы. Так, в случае погодных аномалий возможен обрыв линий электропередач, который создает перебои электричества, а это в свою очередь может служить причиной пожара. Поэтому необходимо разрабатывать планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидации аварий.

#### 5.4.2 Наиболее вероятная ЧС

При выполнении работы в лаборатории замыкание проводки является одной из наиболее вероятной чрезвычайной ситуации, которая в последующем может привести к возгоранию.

Сотрудники лаборатории, заметившие признаки горения, задымления или непосредственно пожара, должны действовать по плану [45]:

- прервать работу и вызвать пожарную бригаду по телефону «101», сообщив следующую информацию: адрес, место, объект возгорания и своё ФИО;
- предпринять меры, связанные с уменьшением распространения огня (убрать все горючие и легковоспламеняющиеся вещества, находящиеся вблизи очага возгорания, обесточить оборудование);
- при необходимости принять меры, связанные с эвакуацией людей;
- донести информацию о случившемся начальнику лаборатории и сотрудникам;
- при звуке общего сигнала опасности, покинуть здание через эвакуационные выходы, согласно плану эвакуации, расположенному в здании.

В Национальном Исследовательском Томском политехническом университете, где проводились исследования, предприняты все необходимые по нормативным документам меры для предотвращения возникновения пожаров.

Для тушения возможного возгорания и пожаров лаборатория оснащена специальным оборудованием:

- огнетушитель углекислотный газовый типа ОУ-2 для тушения всех видов горючих веществ и электроустановок, кроме веществ, горящих без доступа воздуха;
- ручной огнетушитель порошковый ОП, применяемый для тушения установок, находящихся под напряжением;
- асбестовое одеяло, которое используется при тушении обесточенных электропроводов, горячей одежды;

– ящик с песком для тушения обесточенных горящих на горизонтальной поверхности проводов.

Для обнаружения пожара, оповещения и эвакуации людей установлена система пожарной сигнализации, разработан и размещён план эвакуации, с которым ознакомлены сотрудники лаборатории.

#### **5.4 Выводы по разделу**

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены вопросы обеспечения безопасности и охраны труда, связанные с работой в химико-аналитической лаборатории, описаны действия вредных и опасных факторов на рабочем месте и обоснованы мероприятия по защите работников от их нежелательного воздействия.

Проведенный анализ влияния данного исследования на окружающую среду показал, что при соблюдении описанных в работе правил утилизации отходов, деятельность в лаборатории не представляет опасности для экологии.

Выявлена наиболее вероятная ЧС – замыкание проводки, которая приводит к возникновению пожара. На основе данного анализа разработан порядок действий в случае возникновения данной ЧС, а также предложены мероприятия по ее предотвращению.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе проводилось исследование по выявлению закономерности электровосстановления кислорода в присутствии производных в водно-этанольных средах методом вольтамперометрии.

1. Было установлено, что процесс ЭВ  $O_2$  в присутствии фенотиазинов является квазиобратимым.

2. Исследуя выполнимость критериев ЭВ  $O_2$  в присутствии производных фенотиазина было косвенно предположено, что исследуемые объекты взаимодействуют по СЕ механизму с молекулярным кислородом, растворенным в электролите.

3. В ходе работы также были выявлены антиоксидантные свойства производных фенотиазина различной концентрации. Получено, что 3-ТФЭ-10 МеФТ обладает большей антиоксидантной активностью, чем 10-ТФАФТ, что предположительно связано с химическим строением.

4. Рассмотрено влияние различных факторов на антиоксидантную активность исследуемых объектов методами планирования эксперимента. Определено, что наиболее значимым фактором для 3-ТФЭ-10 МеФТ – послужила концентрация спирта в растворе электролита, а для 10-ТФАФТ – концентрация исследуемого вещества.

5. Выявленные в ходе эксперимента оптимальные условия проявления АОА исследуемых веществ открывают новые возможности их дальнейшего применения в качестве антиоксидантов, а также лекарственных препаратов.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. А. К. Маношкина, М. С. Королев, Ю. О. Шишко. Оценка антиоксидантной активности производных фенотиазина: 10-трифторацетил фенотиазина и 3-трифторэтил-10-метилфенотиазина // Материалы XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулева и Н.М. Кижнера, посвященной 125-летию со дня основания ТПУ «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2022, Т. 1, с. 368-369.

2. Y. O. Shishko, A. K. Manoshkina. Investigation of the antioxidant activity of food additives of synthetic E310 and E319 // Материалы XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулева и Н.М. Кижнера, посвященной 125-летию со дня основания ТПУ «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2022, Т. 2, с. 230-231.

3. Ю. О. Шишко, А. К. Маношкина. Исследование антиокислительной способности пищевых добавок синтетического происхождения E 310 и E 319 // Материалы XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулева и Н.М. Кижнера, посвященной 125-летию со дня основания ТПУ «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2022, Т. 1, с. 403-404.

4. А. К. Маношкина, Ю. О. Шишко, Д. А. Гражданников. Антиоксидантная активности синтетических консервантов (E 320 и E 321), используемых в косметике // Материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулева и Н.М. Кижнера, посвященной 125-летию со дня основания ТПУ «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2021, Т. 1, с. 309-310.

5. Ю. О. Шишко, А. К. Маношкина, Д. А. Гражданников. Исследование антиокислительной способности жирорастворимой формы витамина С // Материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулева и Н.М. Кижнера,

посвященной 125-летию со дня основания ТПУ «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2021, Т. 1, с. 335-336.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Активные формы кислорода в физиологии и патологии клетки / Е. В. Пожилова, В. Е. Новиков, О. С. Левченкова. – Текст : электронный // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2015. – №2. – С. 13-22. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktivnyye-formy-kisloroda-v-fiziologii-i-patologii-kletki> (дата обращения: 22.03.2022) – Режим доступа: Научная электронная библиотека КиберЛенинка.
2. Спецглавы физических и химических наук: учебно-методическое пособие / Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта, К. П. Кинаревская [и др.] – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская го, 2019. – 67 с.
3. Узбеков, М. Г. Перекисное окисление липидов и антиоксидантные системы при психических заболеваниях. Сообщение II / М. Г. Узбеков // Социальная и клиническая психиатрия. – 2015. – Т. 25. – № 4. – С. 92-101.
4. Булгаков, С. Витамин Е - высокоэффективный антиоксидант / С. Булгаков // Врач. – 2007. – № 8. – С. 44-47.
5. Антиоксиданты, как перспектива снижения заболеваний системы кровообращения, возникающих по причине ухудшающейся экологической обстановки / Д. О. Шаталов, С. А. Кедик, И. С. Иванов, С. И. Бирюлин // Вестник МИТХТ. Серия: социально-гуманитарные науки и экология. – 2015. – Т. 2. – № 3. – С. 52-58.
6. Антиоксиданты как важнейшие биохимические молекулы / Р. Г. Алборов, Е. А. Гаджиумарова, К. В. Чухонцева // Заметки ученого. – 2021. – № 8. – С. 103-107.
7. Связь между химическим строением и мишенью действия как основа классификации антиоксидантов прямого действия / В. Г. Зайцев, О. В. Островский, В. И. Закревский // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2003. – № 4. – С. 66-70.
8. Кочетков Н.К. Общая органическая химия / Под ред. Н.К. Кочеткова. – М.: Химия, 1985 г. – 800 с.

9. Иозеп А.А. Химическая технология лекарственных веществ. Основные процессы химического синтеза биологически активных веществ: учебное пособие/ А.А. Иозеп, Б. В. Пассет, В. Я. Самаренко, О. Б. Щенникова. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 365 с. – Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/130488> (дата обращения: 25.03.2022).
10. Определение 10-алкилпроизводных фенотиазина методом ВЭЖХ / Н. Д.Яранцева, А. И. Жебентяев. – Текст : электронный // Вестник фармации. –2009.–№4. – С. 105-116. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-10-alkilproizvodnyh-fenotiazina-metodom-vezhh> (дата обращения: 22.05.2022) – Режим доступа: Научная электронная библиотека КиберЛенинка.
11. Жмуров, В.А. Клиническая психиатрия. / В. А. Жмуров. – Москва: МЕДпресс-информ, 2010. – 1272 с. – ISBN 978-5-94587-418-3.
12. Арзамасцев, А.П. Фармацевтическая химия: учебное пособие / Э.Н. Аксенова, О.П. Андрианова, А.П. Арзамасцев. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 640 с. – ISBN 978-5-9704-0744-8.
13. Vardanyan R. Antipsychotics / R. Vardanyan, V. Hruby – Text : electronic // Synthesis of Best-Seller Drugs. – 2016. – P. 87-110. – DOI: 10.1016/B978-0-12-411492-0.00006-7.
14. Патент № 2663289 Российская Федерация, МПК C07D 279/22 (2006.01), A61K 31/5415 (2006.01), A61P 31/06 (2006.01). Производные фенотиазина и их применение против туберкулеза: № 2015125300 : заявл. 26.11.2013 : опубл. 03.08.2018 / Джардин М. А., Джейкобс М.
15. Патент № 2732417 Российская Федерация, МПК A61K 31/5415 (2006.01), C07D 279/28 (2006.01). Производные фенотиазина и способы их применения: № 2019112899 : заявл. 14.09.2017 : опубл. 16.09.2020 / Чэн Хайюн, Линь Чи-Фэн, Ши Чжен-Хуа, У Александер С. Х.
16. Влияние производных фенотиазина и бензотриазола на микробиологическую коррозию стали / А. А. Грибанькова, С. А. Фарутина,

- О. А. Евтуховская, М. А. Агиевич // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 4 (106). – С. 10-12.
17. Kirla, H. Synthesis and characterization of novel silane derivatives of phenothiazinium photosensitisers / H. Kirla, D. J. Henry – Text : electronic // Dyes and Pigments. – 2022. – Vol. 199, № 110087. – DOI: 10.1016/j.dyepig.2022.110087.
18. Zhong Y. Methods for the assessment of antioxidant activity in foods / Y. Zhong, F. Shahidi. – Text: electronic // Handbook of Antioxidants for Food Preservation. – 2015. – P. 287-333. DOI: 10.1016/B978-1-78242-089-7.00012-9.
19. Методы определения антиоксидантной активности пищевых продуктов и БАДов / А. Я. Яшин, Я. И. Яшин, Н. И. Черноусова // Мир измерений. – 2012. – № 1. – С. 30-35.
20. Методы исследования антиоксидантов / В. В. Хасанов, Г. Л. Рыжова, Е. В. Мальцева. – Текст : электронный // Химия растительного сырья. – 2004. – №3. – С. 63-75. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-issledovaniya-antioksidantov> (дата обращения: 28.03.2022). – Режим доступа: Научная электронная библиотека КиберЛенинка.
21. Korotkova, E.I. Study of antioxidant properties by voltammetry. Short Communication / E.I. Korotkova, Y.A. Karbainov, A.V. Shevchuk // The Journal of Electroanalytical Chemistry. – 2002. – Vol. 518. – P. 56-60.
22. Milardović S. A novel amperometric method for antioxidant activity determination using DPPH free radical / S/ Milardović, D. Iveković, BS. Grabarić. – Text : electronic // Bioelectrochemistry. – 2006. – Vol. 68. – P. 175-180. – DOI:10.1016/j.bioelechem.2005.06.005.
23. Брайнина, Х. З. Оценка антиоксидантной активности пищевых продуктов методом потенциометрии / Х. З. Брайнина, А. В. Иванова, Е. Н. Шарафутдинова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2004. – № 4 (281). – С. 73-75.

24. Тринеева, О. В. Методы определения антиоксидантной активности объектов растительного и синтетического происхождения в фармации (обзор) / О. В. Тринеева // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2017. – № 4 (21). – С. 180-197.
25. Вяткин, А. В. Обзор методов определения общей антиоксидантной активности / А. В. Вяткин, Е. В. Пастушкова, О. В. Феофилактова // Современная наука и инновации. – 2018. – № 1 (21). – С. 58-66.
26. Анализатор вольтамперометрический с УФ-облучением проб ТА-2: Российский химико-аналитический портал: сайт. – URL: <http://www.anchem.ru/equipment/device/017.asp> (дата обращения: 31.03.2022). – Текст: электронный.
27. Хашхожева Д.А. Молекулярная физиология : учебное пособие / Д. А. Хашхожева, Б. М. Суншева, А. Ю. Паритов, Л. Р. Паштова. – Нальчик : КБГУ, 2018. – 12 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/170820> (дата обращения: 31.03.2022).
28. Короткова Е.И. Публичная библиотека в системе непрерывного библиотечно-информационного образования: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора химических наук / Короткова Елена Ивановна; Томский политехнический университет. – Томск, 2009. – 399 с.
29. Иванский В.И. Химия гетероциклических соединений: учебное пособие для вузов / В.И. Иванский. – Москва: Высшая школа, 1978. – 559 с.
30. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, З.В. Криницына [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2014. – 36 с.
31. Трудовой кодекс Российской Федерации N 197-ФЗ: дата введения 2001-12-21. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 26.04.2022). – Текст: электронный.

32. ГОСТ 12.2.033-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005187> (дата обращения: 25.04.2022). – Текст: электронный.
33. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> – (дата обращения: 25.04.2022). – Текст: электронный.
34. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение: дата введения 2017-05-08. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 25.04.2022). – Текст: электронный.
35. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: дата введения 2021-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 26.04.2022). – Текст: электронный.
36. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности: дата введения 2015-11-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения: 26.04.2022). – Текст: электронный.
37. ГОСТ 12.1.029-80. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума: дата введения 1981-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200292> (дата обращения: 26.04.2022). – Текст: электронный.
38. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений: дата введения 2014-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200105707> (дата обращения: 26.04.2022). – Текст: электронный.



39. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности: дата введения 1977-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200233> (дата обращения: 26.04.2022). – Текст: электронный.
40. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты: дата введения 2011-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200080203> (дата обращения: 26.04.2022). – Текст: электронный.
41. ГОСТ 5962-2013. Спирт этиловый ректификованный из пищевого сырья: дата введения 2014-07-01 . – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103298> (дата обращения: 29.04.2022). – Текст: электронный.
42. ПУЭ: правила устройства электроустановок: сайт. – URL: [http://etp-perm.ru/el/pue](http://etp.perm.ru/el/pue) (дата обращения: 29.04.2022). – Текст: электронный.
43. ГОСТ Р 52105-2003. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения: дата введения 2004-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200032452> (дата обращения: 29.04.2022). – Текст: электронный.
44. Российская Федерация. Законы. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федеральный закон N 68-ФЗ: [принят Государственной Думой 11 ноября 1994 года]. – Москва, 2021. – 13 с.
45. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования: дата введения 1992-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения: 26.04.2022). – Текст: электронный.

## Приложение А

Таблица А.1 – Календарный план-график проведения НИР по теме

Вид работы	Исполнители	$T_k$ , кал. дн	Продолжительность выполнения работ										
			февраль		март			апрель			май		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, студент	0,5											
		0,5											
		0,5											
		0,5											
Ознакомление с экспериментальными данными и выбор направления исследований	Научный руководитель, студент	2,3											
		3,5											
Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, студент	2,3											
		2,8											
Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, студент	1,1											
		1,1											
Проведение лабораторных анализов	Студент	20,5											
Проведение расчётов и их обоснование на основании экспериментальных данных	Студент	4,1											

Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	Научный руководитель,	1,5												
	студент	2,44												
Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель,	1,7												
	студент	3,2												
Оценка эффективности применения анализа	Студент,	4,3												
	консультант по ЭЧ	4,3												
Разработка социальной ответственности по теме	Студент,	3,1												
	консультант по СО	3,1												
Составление пояснительной записки	Студент	32,9												
Сдача работ на рецензию	Студент	2,7												
Предзащита ВКР	Научный руководитель,	0,6												
	студент	0,6												
Подготовка к защите ВКР	Студент	6,6												
Защита ВКР	Студент	1,22												

Научный руководитель	Студент	Консультант по ЭЧ	Консультант по СО