

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование антиокислительной способности ряда пищевых добавок методом вольтамперометрии

УДК 664.022.3:542.943-92'78:543.552

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Шишко Юлия Олеговна		

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	Криницына 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

«Химические технологии в биологии и медицине»

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

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

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 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>Анализ полученных результатов</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.		

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	Шишко Юлии Олеговне

Тема работы:

Исследование антиокислительной способности ряда пищевых добавок методом вольтамперометрии
Утверждена приказом директора (дата, номер) 28.01.2022 №28-89/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования: жирорастворимые пищевые добавки (Е304, Е310, Е319, Е320, Е321).
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1 Литературный обзор 1.1 Антиокислители и антиокислительная способность 1.2 Электровосстановление кислорода на ртутно-пленочном электроде в присутствии антиокислителей 1.3 Методы исследования антиокислительной способности 2 Экспериментальная часть 2.1 Объекты исследования

	2.2 Приборы, ячейки, электроды и растворы 2.3 Методика исследования антиокислительной способности 3 Анализ полученных результатов 3.1 Определение оптимальных условий для оценки антиокислительной способности пищевых добавок с использованием методов планирования эксперимента 3.2 Оценка влияния пищевых добавок на процесс электровосстановления кислорода 3.3 Оценка антиокислительной активности исследуемых пищевых добавок 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5 Социальная ответственность Заключение
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	—
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.т.н., доцент ОСГН ШБИП Криницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	старший преподаватель Гуляев Милий Всеволодович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

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	Шишко Юлия Олеговна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д83	Шишко Юлия Олеговна

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 320 392,66 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 189 875,36 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4,7 баллов из 5.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциальных потребителей и анализ конкурентных технических решений. Проведение SWOT-анализа проекта.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта, определение затрат на проектирование (смета затрат).
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет сравнительной эффективности проекта.

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Шишко Юлия Олеговна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 2Д83		ФИО Шишко Юлия Олеговна	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Исследование антиокислительной способности ряда пищевых добавок методом вольтамперометрии	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	<i>Объект исследования:</i> жирорастворимые пищевые добавки (Е304, Е310, Е319, Е320, Е321). <i>Область применения:</i> пищевая и фармацевтическая промышленность. <i>Рабочая зона:</i> лабораторное помещение ОХИ НИ ТПУ. <i>Размеры помещения:</i> 5 х 6 м. <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> вольтамперметр ТА-2, материальное обеспечение лаборатории ОХИ НИ ТПУ. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> приготовление рабочих растворов, снятие вольтамперограмм электровосстановления кислорода.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 1.03.2022); ПНДФ 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения); ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность при эксплуатации: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Разработка мер по снижению воздействия вредных и опасных факторов	<i>Вредные факторы:</i> – Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; – Повышенный уровень шума; – Отсутствие или недостаток необходимого освещения; – Статические перегрузки. <i>Опасные факторы:</i> – Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, называемые для краткости химическими веществами; – Производственные факторы, связанные с

	электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий. <i>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</i> использование средств индивидуальной защиты (халат, перчатки).
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	<i>Воздействие на селитебную зону:</i> риск воспламенения при утечке этилового спирта. <i>Воздействие на литосферу:</i> загрязнение почвы в результате утилизации пластиковых отходов. <i>Воздействие на гидросферу:</i> загрязнение сточных вод в результате утилизации жидких отходов. <i>Воздействие на атмосферу:</i> возможное выделение малого количества паров ртути при подготовке и эксплуатации ртутно-плёночного электрода.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	<i>Возможные ЧС:</i> пожар, химический или термический ожоги, отравление, утечка реактивов. <i>Наиболее типичная ЧС:</i> пожар, возникающий вследствие неисправности электрооборудования.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

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	Шишко Юлия Олеговна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 109 страниц, 23 рисунка, 35 таблиц, 52 источника, 0 приложений.

Ключевые слова: пищевые добавки, антиокислители, антиокислительная способность, вольтамперометрия, электровосстановление кислорода.

Объектом исследования являются жирорастворимые пищевые добавки, а предметом исследования – количественное определение антиокислительной способности методом вольтамперометрии.

Цель работы – определение антиокислительной способности жирорастворимых пищевых добавок E304, E310, E319, E320, E321.

В процессе исследования проводились количественная оценка антиокислительной способности некоторых жирорастворимых пищевых добавок методом вольтамперометрии и анализ полученных результатов.

В результате исследования получены данные об антиокислительной способности пищевых добавок.

Область применения: производство жиросодержащих продуктов, косметических средств и фармацевтических препаратов, производство антиокислительных пищевых добавок.

В будущем планируется продолжить исследование антиокислительной способности пищевых добавок и сравнить их с растительными антиокислителями.

Определения, обозначения и сокращения

В настоящей работе применяются следующие термины с соответствующими определениями:

антиокислитель – вещество, добавляемое в малых количествах в жиросодержащую систему для ингибирования или предотвращения процессов окисления жиров, используется преимущественно в пищевой промышленности;

антиокислительная активность – способность вещества ингибировать или предотвращать процессы окисления в системе.

В настоящей работе применяются следующие сокращения и обозначения:

АО – антиокислитель;

АОА – антиокислительная активность;

АФК – активные формы кислорода;

ВКР – выпускная квалификационная работа;

Е304 – пищевая добавка аскорбилпальмитат (АР);

Е310 – пищевая добавка пропилгаллат (РГ);

Е319 – пищевая добавка третичный бутилгидрохинон (ТВНҚ);

Е320 – пищевая добавка бутилгидроксианизол (ВНА);

Е321 – пищевая добавка бутилгидрокситолуол (ВНТ);

РПЭ – ртутно-пленочный электрод;

ХСЭ – хлорид-серебряный электрод;

ЭВ О₂ – электрохимическое восстановление кислорода;

ЭЧ – раздел работы «Экономическая часть»;

СО – раздел работы «Социальная ответственность».

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	15
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	16
1.1 Антиокислители и антиокислительная способность.....	16
1.2 Электровосстановление кислорода на ртутно-пленочном электроде в присутствии антиокислителей	21
1.3 Методы исследования антиокислительной способности	24
2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	28
2.1 Объекты исследования	28
2.2 Приборы, ячейки, электроды и растворы	28
2.3 Методика исследования антиокислительной способности	30
3 АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ	33
3.1 Определение оптимальных условий для оценки антиокислительной способности пищевых добавок с использованием методов планирования эксперимента	33
3.1.1 Планирование эксперимента для E304.....	34
3.1.2 Планирование эксперимента для E310.....	39
3.1.3 Планирование эксперимента для E319.....	42
3.1.4 Планирование эксперимента для E320.....	45
3.1.5 Планирование эксперимента для E321	48
3.2 Оценка влияния пищевых добавок на процесс электровосстановления кислорода	53
3.3 Оценка антиокислительной активности исследуемых пищевых добавок ..	62
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	65

4.1 Оценка коммерческого потенциала проведения научно-исследовательской работы.....	65
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	65
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	65
4.1.3 SWOT-анализ	67
4.2 Планирование научно-исследовательской работы.....	69
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	69
4.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ.....	71
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	71
4.3 Бюджет исследования.....	75
4.3.1 Расчёт материальных затрат	75
4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментальных работ	76
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	77
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	79
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	80
4.3.6 Накладные расходы	81
4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .	81
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	82
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	85
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	85
5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства	85
5.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	86

5.2 Производственная безопасность	88
5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....	88
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	90
5.3 Экологическая безопасность.....	94
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	96
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследования	97
5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	101
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	103

ВВЕДЕНИЕ

Работа посвящена исследованию антиокислительной способности ряда жирорастворимых пищевых добавок (E304, E310, E319, E320, E321) методом вольтамперометрии.

Процессы окисления негативно влияют на жиросодержащие продукты, вызывая прогорклость, снижая пищевую ценность, при этом некоторые продукты окисления токсичны. В связи с этим антиокислительные добавки широко используются в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности для предотвращения их окисления. Существует много методов определения антиокислительной активности, в данной работе используется метод вольтамперометрии.

Антиокислители ингибируют процессы окисления, которые могут привести к образованию свободных радикалов и цепных реакций. Сильными антиокислителями являются стерически затрудненные производные фенола. Однако при высоких концентрациях антиокислители могут проявлять прооксидантные свойства, то есть способствовать процессам окисления, а не останавливать их. В связи с этим содержание таких добавок требует контроля.

Цель работы: определение антиокислительной способности жирорастворимых пищевых добавок E304, E310, E319, E320, E321.

Для достижения цели поставлены задачи:

1. Провести обзор применения жирорастворимых пищевых добавок и методов оценки антиокислительной способности.
2. Методами планирования эксперимента определить оптимальные условия проявления антиокислительной способности пищевых добавок: использовать метод полного факторного эксперимента; построить математическую модель процесса, оценить значимость коэффициентов и адекватность модели; методом крутого восхождения определить оптимальные условия; исследовать обратимость и механизм процесса ЭВ O_2 в присутствии АО.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В первой главе представлены сведения об исследуемых пищевых добавках E304, E310, E319, E320, E321, раскрыта информация об антиокислителях и антиокислительной способности веществ, а также рассмотрены современные методы определения антиокислительной активности.

1.1 Антиокислители и антиокислительная способность

Качество и стабильность продуктов играют важную роль для успешного производства и потребления в пищевой, косметической и фармацевтической отраслях. Известно, что продукты со временем окисляются и становятся непригодными для использования, для того чтобы это избежать активно используют разные антиокислители.

Антиокислители (антиоксиданты) – это соединения, ингибирующие процесс окисления, химическую реакцию, которая может привести к образованию свободных радикалов и цепных реакций [1].

Причиной окислительных процессов в живых организмах являются свободные радикалы или другие активные формы кислорода (АФК), которые образуются в каждой клетке. Свободным радикалом называют любой атом или молекулу, которая имеет хотя бы один неспаренный электрон на внешней электронной оболочке [2]. В современной литературе разделяют понятия антиокислители и антиоксиданты, под антиокислителями понимают вещества, которые реагируют с молекулярным кислородом, а антиоксидантами – вещества, которые реагируют с активными формами кислорода.

Антиокислители широко используются в продуктах питания, косметики и в медицине.

Многие пищевые продукты содержат высокий уровень антиокислителей. В фруктовых соках и растительных экстрактах основными

являются витамин С (аскорбиновая кислота) и ряд полифенольных соединений. Несвежесть пищи часто обусловлена постепенным окислением (воздухом), приводящим к потере АО. Антиокислители улучшают окислительную стабильность липидов и продлевают срок годности продукта, их часто применяются для сухих продуктов и продуктов, чувствительных к O_2 [3,4].

В косметике во многих продуктах по уходу за кожей АО являются ключевыми ингредиентами. Утверждается, что они обеспечивают защиту от воздействия загрязнений и ультрафиолетового излучения, восстанавливают повреждения кожи и оказывают омолаживающее действие. В медицине антиокислители также применяют в большинстве лекарств.

Наиболее часто используемыми антиокислителями являются пищевые добавки E304, E310, E319, E320, E321. Рассмотрим каждую добавку отдельно.

E304 (аскорбилпальмитат)

Аскорбилпальмитат – жирорастворимая форма витамина С, представляет собой сложный эфир, образующийся при взаимодействии пальмитиновой кислоты (источник жира) и аскорбиновой кислоты (витамин С), представлен на рисунке 1.

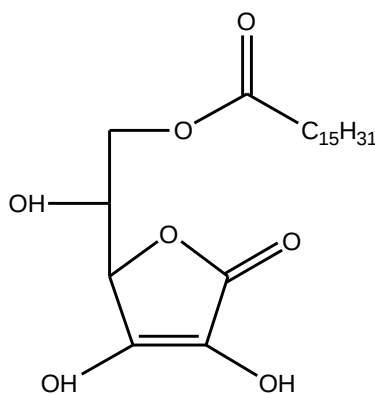


Рисунок 1 – Аскорбилпальмитат (E304)

Аскорбилпальмитат (AP) был исследован в связи с его потенциальной антиокислительной активностью, используемой во многих областях, таких как биохимия, медицина и пищевая промышленность. Действительно, во многих

исследованиях описано, что АР является эффективным восстановителем, способным защищать органические и биологические молекулы от окислительной деградации [5]. Е304 добавляется в масла для салатов, в майонез, в мясопродукты, в сухие продукты из картофеля и сухие завтраки, в выпечку, а также применяется в фармакологии и косметологии.

Е310 (пропилгаллат)

Пропилгаллат (PG) относится к семейству полифенольных соединений, синтезируемых конденсацией галловой кислоты и пропанола (рисунок 2). Обычно используется в продуктах питания (соусах, сухих кулинарных смесях, приправах, завтраках быстрого приготовления, жевательных резинках), а также в фармацевтике и в косметике, средствах для волос и смазочных материалах (главным образом маслах и жирах) для предотвращения прогоркания и порчи. PG – антиокислитель, который проявляет защитные свойства против окисления перекисью водорода и свободными радикалами кислорода, тем самым предотвращая прогорклость [6].

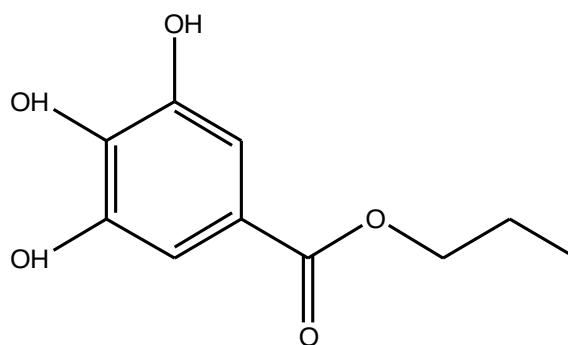


Рисунок 2 – Пропилгаллат (Е310)

Е319 (третичный бутилгидрохинон)

Третичный бутилгидрохинон (ТВНҚ) является высокоэффективным фенольным антиоксидантом (рисунок 3). В пищевых продуктах он используется в качестве консерванта для ненасыщенных растительных масел и многих пищевых животных жиров для защиты от прогорклости. Он не вызывает обесцвечивания даже в присутствии железа и даже не изменяет вкус

или запах продукта, к которому он добавлен. Он используется в промышленности в качестве стабилизатора для ингибирования автополимеризации органических пероксидов. ТВНҚ также используется в качестве ингибитора коррозии в биодизельном топливе. В парфюмерии он используется в качестве фиксатора для снижения скорости испарения и улучшения стабильности. Его также добавляют в лаки, смолы и присадки для нефтяных месторождений [7]. Третичный бутилгидрохинон получают путем взаимодействия гидрохинона с трет-бутанолом или изобутиленом.

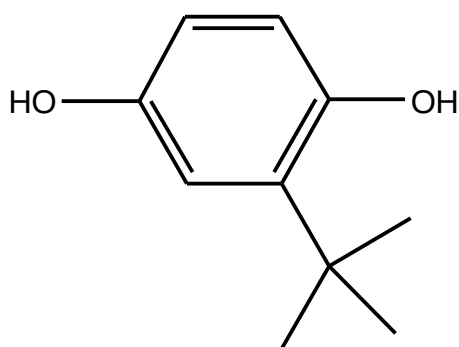


Рисунок 3 – Третичный бутилгидрохинон (E319)

ТВНҚ обычно используется отдельно или с другими фенольными антиокислителями, такими как бутилгидроксанизол (E320), бутилгидрокситолуол (E321) и пропилгаллат (E310) для получения высокоэффективных антиокислительных комбинаций.

E320 (бутилгидроксанизол)

Бутилгидроксанизол (ВНА) – монофенольный жирорастворимый антиокислитель, представляет собой смесь изомеров (рисунок 4). ВНА является одним из наиболее часто используемых синтетических фенольных антиоксидантов, широко применяется в качестве необходимого ингредиента в нашем ежедневном потреблении, таком как продукты питания (сухие концентраты супов, соусы на основе жиров, рыбные продукты, кондитерские изделия с кремом), фармакология, косметика, резина и пластмассы [8]. ВНА получают алкилированием пара-метоксифенола изобутиленом.

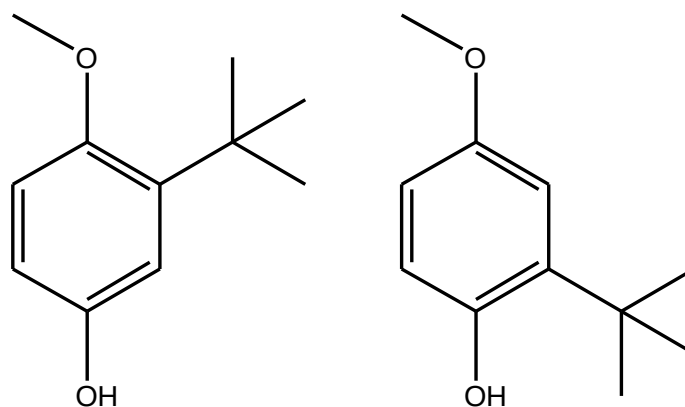


Рисунок 4 – Бутилгидроксанизол (E320)

E321 (бутилгидрокситолуол)

Бутилгидрокситолуол (ВНТ, ионол) также является монофенольным жирорастворимым антиокислителем, он более стабилен при высокой температуре, в отличие от ВНА. Многие антиокислительные препараты содержат оба этих антиоксиданта. ВНА взаимодействует с пероксильными радикалами с образованием феноксирадикала ВНА, который, в свою очередь, может удалить атом водорода из гидроксильной группы ВНТ. ВНА генерируется водородным радикалом, обеспечиваемым ВНТ. Образованные таким образом радикалы ВНТ могут вступать в реакцию с пероксирадикалом и прерывать цепи [7].

Получают ВНТ путем взаимодействия 4-метилфенола (п-крезола) с изобутиленом (2-метилпропеном) с катализатором [9]. Его добавляют для сохранения свежести и предотвращения порчи в основном в крупы, мучные изделия, картофельные чипсы, жевательные резинки, сало, сливочное масло, маргарин, консервы и орехи, а также применяют при производстве косметики и лекарств (рисунок 5).

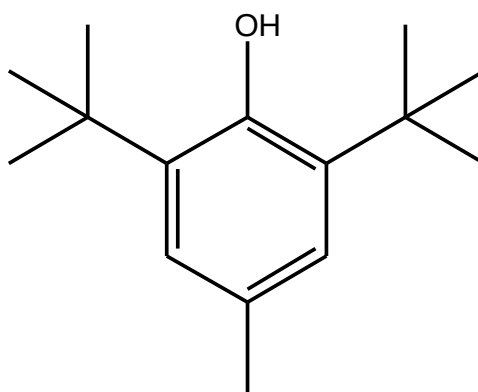


Рисунок 5 – Бутилгидрокситолуол (E321)

Бутилгидроксанизол (E320) и бутилгидрокситолуол (E 321) также используются в качестве замены натуральному витамину Е.

Синтетические фенольные антиокислители, бутилгидрокситолуол (E321), бутилгидроксанизол (E320) и третичный бутилгидрохинон (E310), обычно применяют из-за их химической стабильности, низкой стоимости и доступности. Наиболее подходящим антиокислителем для растительных масел является TBHQ, поскольку TBHQ стабильнее и экономичнее, чем BHT [10].

1.2 Электровосстановление кислорода на ртутно-пленочном электроде в присутствии антиокислителей

В настоящее время является актуальным метод катодной вольтамперометрической оценки антиокислительной активности. В клетках животного и человека протекает процесс электровосстановления кислорода – это основной окислительный процесс, который протекает в объектах природного и искусственного происхождения.

На процесс электровосстановления кислорода и на его обратимость влияют такие факторы, как материал электрода и его поверхность, состав фонового электролита, природа растворителя, а также pH среды и наличие примесей [11,12].

Антроповым Л. И. в [13] было предложено разделить металлические электроды по отношению к реакции ЭВ O_2 по двум группам. К первой группе отнесли Pt, Pd, Ni, Fe, W и другие, то есть металлы с меньшим перенапряжением процесса восстановления пероксида водорода. На вольтамперограммах данной группы металлов наблюдается одна волна электровосстановления кислорода. Предположено, что в процессе участвует хемосорбированный за счет разряда молекул кислород, а восстанавливающим агентом служит адсорбированный атомарный водород [13]. Также доказано [14, 15], что электровосстановление кислорода проходит через промежуточную стадию образования продуктов, где в кислых и нейтральных средах образуется H_2O_2 , а в щелочной – HO_2^- . Для данной группы электродов важную роль играет состояние поверхности электрода, если степень покрытия электрода атомами водорода велика, то увеличивается скорость и ток процесса электровосстановления кислорода, это может привести к невоспроизводимости результатов [11,12]. Причиной является сложность процесса адсорбции и десорбции O_2 , H_2O_2 и других продуктов кислорода. В результате увеличивается скорость разложения H_2O_2 , и O_2 накапливается на поверхности электрода. Исходя из этого, в работе следует использовать гладкий, хорошо отполированный электрод, чем меньше количество дефектов на нем, тем точнее результаты исследования [14,15].

Рассмотрим вторую группу материалов для изготовления электродов, к ней относят Hg, Pb, Zn, Cd, Au, а также C и другие углеродистые материалы с высоким перенапряжением выделения H_2 [13]. У данной группы на вольтамперограмме наблюдают две волны катодного восстановления кислорода до перекиси водорода, а затем до воды. Электроны и ионы водорода, находящиеся в двойном электрическом слое служат восстанавливающими агентами. Потенциал восстановления H_2O_2 до H_2O отрицательнее, чем потенциал его образования.

На ртутно-пленочном электроде (РПЭ) протекает многостадийный процесс электрохимического восстановления кислорода, где лимитирующей

стадий в протонных средах является (1) и (2) стадии. Процесс протекает в условиях смешанной кинетики, является квазиобратимым.



Рассмотрим влияние природы растворителя на ЭВ O_2 . В данной работе в качестве растворителя использовался 96 % этиловый спирт. В одноатомных спиртах характер лимитирующей стадии не меняется в сравнении с водной средой, но зато устраняются недостатки водных сред. В спиртах растворимость кислорода увеличивается, соответственно ток электровосстановления кислорода возрастает в ряду $C_5H_{11}OH < C_4H_9OH < C_3H_7OH < C_2H_5OH < CH_3OH$, а потенциал полуволны O_2 сдвигается в отрицательную область и из-за вязкости сред увеличивается энергия активации [16]. Скорость ЭВ O_2 в спиртах снижается по сравнению с водой, так как процесс протонизации кислорода усложнен в спиртовых средах, но в связи с наличием протонов водорода механизм процесса электровосстановления кислорода не меняется.

Как было сказано выше, на процесс ЭВ O_2 может сильно влиять pH из-за разного характера адсорбции кислорода в кислых и щелочных средах. Энергия связи O_2 с поверхностью электрода увеличивается при переходе от кислых сред к щелочным [17].

Другим фактором является ионный состав электролита, наличие катионов металлов, таких как Ca^{2+} , Ba^{2+} , Ni^{2+} , может отразиться на кинетических параметрах, скорость процесса будет падать из-за образования оксидных пленок на поверхности электрода. Сильнее всего воздействие данного фактора будет заметно в щелочной среде, но для кислых и нейтральных сред невоспроизводимость опытов также увеличивается.

В работе [16] было проведено исследование по оценке влияния анионов в электролите на процесс электровосстановления кислорода, анализировали электроды из двух разных групп в наиболее часто используемых электролитах: NaClO_4 , Na_2SO_4 , NaF , NaCl , NaBr и NaI . При проведении эксперимента с электродами первой группы на вольтамперограмме наблюдался сдвиг потенциала предельного тока ЭВ O_2 в отрицательную область, значит, анионы электролита влияют на ЭВ O_2 для первой группы электродов. А на вольтамперограммах для электродов второй группы сдвиг потенциала не наблюдался, соответственно анионный состав не влияет на ЭВ O_2 .

В данной работе был использован электрод ртутно-пленочный, который относится ко второй группе электродов, значит, анионный состав на результаты исследования не влияет. Для анализа был выбран водно-спиртовой раствор NaClO_4 .

1.3 Методы исследования антиокислительной способности

Существует довольно много методов определения антиокислительной способности: титриметрические, электрохимические, хроматографические, спектральные, флуориметрические, хемилюминесцентные, а также биологические и другие методы [18].

Наибольший интерес представляют электрохимические методы исследования, как наиболее бюджетные, точные, экспрессные, высокочувствительные и простые в эксплуатации варианты определения антиокислительной активности, а донорно-акцепторный характер реакции между антиокислителем и свободными радикалами позволяет применять данные методы для исследования различных объектов [19].

По оцениванию антиокислительной способности можно выделить две группы методов: первая использует только электрохимическую регистрацию какого-либо соединения, изменение концентрации которого косвенно связано с процессами окисления, а другая основана на непосредственном определении

окислительно-восстановительных потенциалов. Данные параметры в целом коррелируют с антиокислительной способностью и могут быть использованы для ее оценки [20].

Электрохимические методы в свою очередь подразделяются на:

- амперометрический метод;
- метод кулонометрии;
- метод вольтамперометрии;
- метод полярографии;
- потенциометрический метод.

Амперометрический метод

В научно-производственном объединении «Химавтоматика» (Москва) был предложен амперометрический метод определения антиоксидантов в пищевых продуктах растительного происхождения, в том числе в винах. Метод основан на измерении электрического тока в ячейке, возникающего при окислении анализируемого вещества на поверхности рабочего электрода при подаче на него определенного потенциала [21].

Метод кулонометрии

В статьях [22-25] было предложено исследование АОА кулонометрическим методом, используя в качестве реагента электрогенерированный бром. Бромидионы в кислой среде электрохимически окисляются на платиновом электроде, что приводит к образованию Br_3^- , Br_2 , а также радикалов $Br_{эп}^{\cdot}$. Полученные соединения легко вступают в реакции электрофильного замещения, присоединения по кратным связям, в окислительно-восстановительные и радикальные реакции, благодаря чему может исследоваться широкий спектр определяемых веществ различных структур, имеющих антиокислительные свойства.

Метод вольтамперометрии

В методе вольтамперометрии рассматривается процесс электровосстановления кислорода до перекиси на ртутно-пленочном электроде. Коэффициент антиокислительной способности отражает количество кислорода

и АФК, прореагировавших с антиокислителем за минуту [26-30]. K , мкмоль/(л · мин) рассчитывается по формуле:

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

где C_{O_2} – концентрация кислорода в исходном растворе без вещества, мкмоль/л;

I_i – текущее значение предельного тока ЭВ O_2 , мкА;

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

t – время протекания процесса, мин.

Метод является более чувствительным, простым и недорогим, однако разброс показаний прибора при идентичных измерениях является достаточно высоким.

Метод полярографии

В предложенном [20] электрохимическом способе определения антиокислительной способности флавоноидов методом полярографии измеряется потенциал полуволны окисления на проточном колоночном электроде. Электрохимическая активность соединений коррелирует со способностью подавлять перекисное окисление липидов.

Потенциометрический метод

Потенциометрический метод с применением донорно-акцепторной (медиаторной) системы Me^{ox}/Me^{red} был рассмотрен в Уральском государственном экономическом университете [19,31-33]. В данном методе в электрохимической ячейке применяют смесь $K_3[Fe(CN_6)]/K_4[Fe(CN_6)]$, где окисленная форма $K_3[Fe(CN_6)]$ взаимодействует с веществами, проявляющими антиокислительную способность, и тем самым изменяя окислительно-восстановительный потенциал среды. Далее производят расчет концентрации АОА по формуле:

$$X = \frac{\alpha C_{ox} - C_{red}}{1 + \alpha},$$

где $\alpha = 10^{[(E_1 - E_2)/b]} \cdot C_{red}/C_{ox}$;

$b = 2,3RT \ln F$, $n = 1$;

E_1, E_2 – потенциалы, устанавливающиеся в системе до и после введения анализируемого источника антиоксиданта, В;

C_{ox} – концентрация окисленной формы медиатора, моль/дм³;

C_{red} – концентрация восстановленной формы медиатора, моль/дм³;

X – концентрация антиокислителя, вступившего в реакцию, моль·экв./дм³.

Одним из главных преимуществ электрохимии перед традиционно используемыми анализами является то, что электрохимические подходы оценивают общую восстановительную силу антиокислителя, присутствующего в пищевых и биологических образцах, без использования реакционноспособных частиц. Вольтамперометрический подход позволяет не только легко определить антиокислительную способность, но и рассмотреть такие проблемы, как электрохимическое поведение потенциальных антиокислителей и влияние химической структуры и отдельных функциональных групп на их окислительно-восстановительные свойства.

Вольтамперометрия – это электрохимический метод, при котором измеряется зависимость тока от потенциала на поверхности электрода. Потенциал изменяется некоторым систематическим образом, чтобы вызвать восстановление или окисление электроактивных химических соединений на электроде. Результирующий ток пропорционален концентрации электрохимических соединений. Следовательно, вольтамперометрический отклик может быть использован для идентификации (на основе окислительно-восстановительного потенциала) и количественной оценки (на основе вольтамперометрического отклика по току из-за окислительно-восстановительной реакции на поверхности электрода) соединений. Выбор типа рабочего электрода имеет решающее значение для получения электрохимической реакции, что важно для аналитических целей.

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Объекты исследования

Объектами исследования в данной работе являются жирорастворимые пищевые добавки E304, E310, E319, E320, E321. Все исследуемые вещества представляют собой порошки белого цвета разной дисперсности, хорошо растворимые в этаноле. Исследуемые пищевые добавки содержат гидроксильную группу в своей структуре, которая является донором H ионов, легко окисляется и переходит в енольную группу, что является признаком проявления антиокислительной способности, которая будет проверена методом вольтамперометрии.

2.2 Приборы, ячейки, электроды и растворы

Эксперимент проводился с использованием вольтамперометрического анализатора «ТА-2» (ООО «НПП «Томьаналит» г. Томск), подключенного к персональному компьютеру. Прибор применяется как для лабораторных анализов, так и для научно-исследовательских работ и может быть использован для широкого спектра определяемых веществ: пищевых продуктов, косметики, биологических объектов, лекарственных препаратов, руд и для других объектов, которые могут быть переведены в раствор.

Вольтамперометрический анализатор предназначен для количественного определения электрохимически активных элементов и веществ при анализе проб различных объектов. К основным техническим характеристикам анализатора «ТА-2» относится:

- чувствительность определения $5 \cdot 10^{-11}$ А;
- воспроизводимость аналитических сигналов 1 – 5 %
- продолжительность одновременного анализа трех подготовленных проб 5 – 30 минут.

Анализатор «ТА-2» имеет ряд преимуществ: одновременный анализ в трех разных ячейках, работа в двух- или трехэлектродном режиме, перемешивание раствора за счет стабилизированной вибрации индикаторного электрода, эффективный способ отмычки электрохимической ячейки, возможность использовать ультрафиолетовое излучение для разрушения органических веществ или устранения лишнего кислорода.

Перед началом работы прибор прошел проверку и подготовку в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

В работе был использован дистиллятор для приготовления воды очищенной (Россия, ЧЗБТ), точные навески отмеряли на аналитических весах общего назначения (класс точности 0,0001 г., Россия). Все добавки выполнялись с использованием одноканальных механических дозаторов переменного объема на 100 – 1000 мкл и на 0,5 – 5 мл (Россия). Погрешность отбора проб составляет не более 5 % отн. При каждой новой серии анализов использовался сменный наконечник дозатора.

Лабораторная посуда, используемая в данной работе для проведения эксперимента: мерные колбы объемом 250 см³, лабораторные стаканы объемом 50 см³, пенициллиновые флаконы объемом 10 см³, стеклянные воронки диаметром 25 мм и 100 мм и пластиковые стаканы объемом 100 см³.

Электрохимическая ячейка в данной работе состоит из двух электродов (индикаторного и электрода сравнения) и стаканчика объемом 20 см³ из оптического кварца, установленного в специальное отверстие на подвижной платформе анализатора.

В качестве индикаторного электрода использовался ртутно-пленочный электрод (РПЭ), он представляет собой серебряную проволоку, припаянную к медному контактному проводнику и вставленную во фторопластовый стержень. На рабочую поверхность данного электрода механическим способом путем обмакивания и растирания фильтровальной бумагой тонким слоем наносили металлическую ртуть. Перед началом работы обязательно проверяли поверхность электрода на наличие непокрытых участков и при необходимости

повторяли процедуру покрытия, хранятся такие электроды в стакане с дистиллированной водой. Площадь рабочей поверхности ртутно-пленочного электрода составила $0,157 \text{ см}^2$.

Электродом сравнения в данной работе служил хлорид-серебряный электрод (ХСЭ). Он представляет собой полый цилиндр, заполненный насыщенным раствором хлорида калия, в который погружена серебряная проволока, покрытая труднорастворимой солью хлорида серебра. Такие электроды хранили в стакане с насыщенным раствором хлорида калия, а перед началом работы обмывали дистиллированной водой. При необходимости перед работой электрод повторно заполняли насыщенным раствором хлорида калия.

Фоновым электролитом в исследовании являлся водно-этанольный раствор $0,1 \text{ Н NaClO}_4$ с различной концентрацией спирта (30 %, 50 %, 70 %, 85 %). Для приготовления фонового электролита брали навеску перхлората натрия и растворяли в двух разных мерных колбах в дистиллированной воде и в ректифицированном этиловом спирте соответственно. Серии водно-этанольных растворов различной концентрации готовили путем смешения водного раствора перхлората натрия с этанольным раствором перхлората натрия. Растворы готовили по мере необходимости.

Исследуемые растворы пищевых добавок готовили методом разбавления, для приготовления 1 % раствора исследуемого вещества брали навеску массой 0,1 г и растворяли в 10 см^3 этилового спирта 96 % в пенициллиновом флаконе. Затем из него готовили 0,1 % раствор, брали аликвоту $0,5 \text{ см}^3$ 1 % раствора и добавляли $4,5 \text{ см}^3$ этанола. Аналогично готовили 0,01 % раствор из 0,1 % раствора. Все исследуемые растворы пищевых добавок готовились непосредственно перед выполнением измерений.

2.3 Методика исследования антиокислительной способности

Предположено, что пищевые добавки, имеющие восстановительную природу, реагируют с кислородом и его активными формами на поверхности

индикаторного электрода, это можно отследить по вольтамперограмме, катодный ток будет уменьшаться, то есть исследуемый объект проявляет антиокислительный эффект.

Антиокислительную способность исследуемых веществ определяли методом катодной вольтамперометрией по отношению к процессу электровосстановления кислорода. Методика эксперимента заключалась в регистрации вольтамперограмм электровосстановления кислорода до пероксида водорода, реакция протекает по следующему механизму [30]:



Исследование проводилось на вольтамперометрическом анализаторе «ТА-2», подключенном к персональному компьютеру. Условия проведения эксперимента были следующие:

- индикаторный электрод – ртутно-пленочный (РПЭ);
- электрод сравнения – хлорид-серебряный (ХСЭ);
- скорость развертки потенциала $W = (20 - 250)$ мВ/с;
- постоянноточковый режим съемки вольтамперограмм (от 0 до $-0,8$) В;
- фоновый электролит 0,1 Н $NaClO_4$ водно-этанольные растворы различных концентраций;
- вещества исследовались в трех концентрациях (0,01 %, 0,1 % и 1 %).

Для проверки посуды, электродов и электролита на чистоту перед каждой новой серией опытов проводили «холостой» опыт в фоновом электролите. При отсутствии посторонних пиков на вольтамперограмме оборудование принималось чистым.

Первым этапом определения антиокислительной способности пищевых добавок по отношению к электровосстановлению кислорода было снятие фоновых кривых в отсутствии исследуемого вещества. Затем в электрохимическую ячейку добавляли приготовленный раствор исследуемого вещества объемом 0,5 см³ с помощью дозатора и записывали вольтамперограммы тока ЭВ О₂. Регистрация кривых проводилась не менее 5 раз при заданных условиях, затем оценивались полученные значения предельного тока ЭВ О₂.

Уменьшение тока электровосстановления кислорода по своему абсолютному значению означает, что образцы реагируют с кислородом и его активными формами в фоновом электролите – это является показателем проявления антиокислительной способности.

Коэффициент антиокислительной способности K , мкмоль/(л · мин) рассчитывается по формуле [30]:

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

где C_{O_2} – концентрация О₂ в исходном растворе без вещества, мкмоль/л;

I_i – текущее значение предельного тока ЭВ О₂, мкА;

I_0 – значение предельного тока ЭВ О₂ в отсутствии вещества в растворе, мкА;

t – время протекания процесса, мин.

Степень уменьшения тока при добавлении исследуемого образца:

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

где I_i – текущее значение предельного тока ЭВ О₂, мкА;

I_0 – значение предельного тока ЭВ О₂ в отсутствии вещества в растворе, мкА;

t – время протекания процесса, мин.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Все технологические процессы сопровождаются потреблением первичных ресурсов (вода, воздух, энергия), материальных и трудовых. Формирование и реализация стратегии ресурсосбережения на всех уровнях управления – один из важнейших вопросов стратегического менеджмента, поскольку ресурсоемкость является второй стороной товара, когда первой является его качество.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

4.1 Оценка коммерческого потенциала проведения научно-исследовательской работы

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования электрохимических свойств пищевых добавок могут быть как производители пищевой продукции, так и фармацевтические компании и лаборатории разных профилей. Данный объект исследования пользуется большим спросом на рынке Российской Федерации и на мировом рынке в целом.

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 пищевых добавок представлена в таблице 13.

Анализ конкурентных разработок определяется по формуле [34]:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес i -го показателя;

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок): K_B – вольтамперометрический метод анализа, $K_{к1}$ – хроматографический метод анализа, $K_{к2}$ – спектрофотометрический метод анализа

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_B	$B_{к1}$	$B_{к2}$	K_B	$K_{к1}$	$K_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Точность определения	0,25	5	4	5	1,25	1,00	1,25
2. Экспрессность	0,15	5	4	3	0,75	0,60	0,45
3. Простота эксплуатации	0,15	4	3	5	0,60	0,45	0,75
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,25	5	3	4	1,25	0,75	1
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	4	4	3	0,40	0,40	0,30
3. Стоимость оборудования	0,10	4	3	3	0,40	0,30	0,30
Итого	1				4,65	3,50	4,05

Анализируя оценочную карту можно сделать вывод, что научная разработка, исследуемая в данной выпускной квалификационной работе, является конкурентоспособной по сравнению с хроматографическим и спектрофотометрическим методами анализа.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – комплексный анализ научно-исследовательского проекта, применяемый для исследования внешней и внутренней среды проекта, в котором Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы [34].

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 14.

Таблица 14 – Результаты первого этапа SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экспрессность. С2. Точность определения. С3. Широкий спектр объектов анализа. С4. Одновременный анализ трех разных проб.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Обязательная необходимость прибора. Сл2. Обязательная необходимость дополнительных материалов к прибору и реактивов.
Возможности: В1. Выявление оптимальных условий определения АОА. В2. Расширение сфер применения исследуемых объектов. В3. Перспективы внедрения вольтамперометрии в качестве метода анализа в медицине.		
Угрозы: У1. Развитие конкурентных методов анализа. У2. Повышение стоимости оборудования. У3. Отсутствие необходимых комплектующих.		

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. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

В рамках данного этапа были построены интерактивные матрицы проекта, представленные в таблицах 15 и 16.

Таблица 15 – Интерактивная матрица возможностей проекта

Возможности	Сильные стороны				Слабые стороны	
	C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2
B1	–	+	–	–	–	–
B2	+	+	–	–	–	–
B3	+	+	+	+	+	+

Таблица 16 – Интерактивная матрица угроз проекта

Угрозы	Сильные стороны				Слабые стороны	
	C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2
У1	+	+	+	0	+	+
У2	–	–	+	–	–	–
У3	+	+	+	+	+	+

Таким образом, в рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 17.

Таблица 17 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экспрессность. С2. Точность определения. С3. Широкий спектр объектов анализа. С4. Одновременный анализ трех разных проб.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Обязательная необходимость прибора. Сл2. Обязательная необходимость дополнительных материалов к прибору.
Возможности: В1. Выявление оптимальных условий определения АОА. В2. Расширение сфер применения исследуемых объектов. В3. Перспективы внедрения вольтамперометрии в качестве метода анализа в медицине.	Благодаря точности определения и экспрессности вольтамперометрической методики определения АОА, а также правильно подобранным оптимальным условиям появляется возможность использования данного метода в качестве альтернативного метода анализа в медицине.	Длительность анализа может привести к замене метода определения АОА. Долгий срок поставок материалов и оборудования может негативно сказаться на успешном внедрении данных объектов на рынок, а соответственно, на его спросе.
Угрозы: У1. Развитие конкурентных методов анализа. У2. Повышение стоимости оборудования. У3. Отсутствие необходимых комплектующих для оборудования.	Заявленная точность и экспрессность могут сделать предлагаемую методику определения конкурентоспособной. Необходимо выявить как можно больше областей применения исследуемых объектов, чтобы увеличить спрос и число потребителей.	Отсутствие дополнительных материалов к оборудованию может привести к большим затратам времени на проведение анализа. Необходимо провести маркетинговую стратегию в области продвижения разработки на рынок.

4.2 Планирование научно-исследовательской работы

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения данной ВКР была сформирована рабочая группа, в состав которой входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. В таблице 18 представлен составленный перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования с распределением исполнителей по видам работ.

Таблица 18 – 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, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Ознакомление с экспериментальными данными и выбор направления исследований	Научный руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, бакалавр
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение лабораторных анализов	Бакалавр
	6	Проведение расчётов и их обоснование на основании экспериментальных данных	Бакалавр
	7	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	Научный руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Оформление комплекта документации по ВКР	9	Оценка эффективности применения анализа	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	10	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант по СО
	11	Составление пояснительной записки	Бакалавр
	12	Сдача работы на рецензию	Бакалавр
	13	Предзащита ВКР	Научный руководитель, бакалавр
	14	Подготовка к защите ВКР	Бакалавр
	15	Защита ВКР	Бакалавр

4.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

Трудоёмкость 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 трудоёмкости $t_{ожi}$ используется формула [34]:

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

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоёмкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле [34]:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}$$

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

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоёмкость 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 дипломных работ студенты становятся участниками сравнительно небольших по объёму 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 [34]:

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

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 [34]:

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

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 составит 365. Количество выходных и праздничных дней 52 и 14 соответственно. Рабочая неделя участников группы является 6-дневной.

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 расчётов временных показателей по приведенным выше формулам представлены в таблице 19.

Календарный план-график проведения научного исследования электрохимических свойств пищевых добавок методом вольтамперометрии представлен в таблице 20 на основании таблицы 19.

Таблица 19 – Временные показатели проведения научного исследования:

Р – научный руководитель, Б – бакалавр, К₁ – консультант по экономической части (ЭЧ), К₂ – консультант по социальной ответственности (СО)

№	Название работ	Трудоемкость работ			Исполнитель	T _p , раб. дн	T _к , кал. дн
		t _{min} чел- дн.	t _{max} чел- дн.	t _{ожг} чел- дн.			
1	Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	Р	0,4	1
		1	2	1,4	К ₁	0,4	1
		1	2	1,4	К ₂	0,4	1
		1	2	1,4	Б	0,4	1
2	Ознакомление с экспериментальными данными и выбор направления исследований	3	5	3,8	Р	1,9	2
		5	7	5,8	Б	2,9	4
3	Подбор и изучение материалов по теме	3	5	3,8	Р	1,9	2
		3	7	4,6	Б	2,3	3
4	Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	Р	0,9	1
		1	3	1,8	Б	0,9	1
5	Проведение лабораторных анализов	14	21	16,8	Б	16,8	21
6	Проведение расчётов и их обоснование на основании экспериментальных данных	3	4	3,4	Б	3,4	4
7	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	2	3	2,4	Р	1,2	2
		2	7	4	Б	2	2
8	Оценка эффективности полученных результатов	2	4	2,8	Р	1,4	2
		4	7	5,2	Б	2,6	3
9	Оценка эффективности применения анализа	5	10	7	Б	3,5	4
		5	10	7	К ₁	3,5	4
10	Разработка социальной ответственности по теме	3	8	5	Б	2,5	3
		3	8	5	К ₂	2,5	3
11	Составление пояснительной записки	25	30	27	Б	27	33
12	Сдача работ на рецензию	1	4	2,2	Б	2,2	3
13	Предзащита ВКР	1	1	1	Р	0,5	1
		1	1	1	Б	0,5	1
14	Подготовка к защите ВКР	5	6	5,4	Б	5,4	7
15	Защита ВКР	1	1	1	Б	1	1
Итого							111
Научный руководитель							11
Бакалавр							91
Консультант по экономической части							5
Консультант по социальной ответственности							4

Таблица 20 – Календарный план-график проведения ВКР

Вид работы	Исполнители	T _к , 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, бакалавр	0,5												
		0,5												
		0,5												
		0,5												
Ознакомление с экспериментальными данными и выбор направления исследований	Научный руководитель, бакалавр	2,3												
		3,5												
Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, бакалавр	2,3												
		2,8												
Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, бакалавр	1,1												
		1,1												
Проведение лабораторных анализов	Бакалавр	20,5												
Проведение расчётов и их обоснование на основании экспериментальных данных	Бакалавр	4,1												
Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	Научный руководитель, бакалавр	1,5												
		2,44												
Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, бакалавр	1,7												
		3,2												
Оценка эффективности применения анализа	Бакалавр, консультант по ЭЧ	4,3												
		4,3												
Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант по СО	3,1												
		3,1												
Составление пояснительной записки	Бакалавр	32,9												
Сдача работ на рецензию	Бакалавр	2,7												
Предзащита ВКР	Научный руководитель, бакалавр	0,6												
		0,6												
Подготовка к защите ВКР	Бакалавр	6,6												
Защита ВКР	Бакалавр	1,22												

Условные обозначения в таблице

Научный руководитель	Бакалавр	Консультант по ЭЧ	Консультант по СО

4.3 Бюджет исследования

В процессе формирования бюджета работ в рамках выполнения ВКР используется следующая группировка затрат по статьям: материальные затраты; затраты на оборудование; основная заработная плата исполнителей темы; дополнительная заработная плата исполнителей темы; отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления); накладные расходы

4.3.1 Расчёт материальных затрат

Материальные затраты включают стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, в частности, сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований). Материальные затраты для данного исследования представлены в таблице 21.

Расчет материальных затрат осуществлялся по формуле [34]:

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

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

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг., м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг., руб./м., руб./м² и т.д.);

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

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

Таблица 21 – Материальные затраты исследования

№ п/п	Наименование	Ед.изм.	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (З _м), руб.
1	Этиловый спирт	мл	3000	0,06	216,00
2	Перхлорат натрия	г	82	4,70	462,50
3	Калия хлорид насыщенный	мл	20	3,40	81,60
4	Е304	г	2	3,00	7,20
5	Е310	г	2	2,00	4,80
6	Е319	г	2	2,00	4,80
7	Е320	г	2	2,00	4,80
8	Е321	г	2	1,00	2,40
9	ХСЭ	шт	4	750,00	3600,00
10	РПЭ	шт	2	800,00	1920,00
11	Колбы мерные на 250 см ³	шт	2	1700,00	4080,00
12	Стаканы лабораторные на 50 см ³	шт	2	116,00	278,40
13	Воронка стеклянная диаметром: 25 мм	шт	1	60,00	72,00
	100 мм	шт	1	180,00	216,00
14	Флакон пенициллиновый	шт	15	7,00	126,00
Итого					11 076,50

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 цены. Расчеты отображены в таблице 22.

Таблица 22 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц, шт.	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Вольтамперометрический анализатор «ТА-2» (ООО «Томьаналит», г. Томск)	1	230 000,00	264 500,00
2	Дистиллятор для приготовления воды очищенной (Россия, ЧЗБТ)	1	35 000,00	40 250,00
3	Весы аналитические (класс точности 0,0001 г., Россия)	1	38 000,00	43 700,00
4	Дозатор 1-канальный, переменного объема 0,5-5 мл (Россия)	1	8 205,00	9 436,00
5	Дозатор 1-канальный, переменного объема 100-1000 мкл (Россия)	1	6 814,00	7 836,00
Итого				365 722,00

В таблице 23 приведены амортизационные отчисления, рассчитанные линейным методом.

Таблица 23 – Амортизационные отчисления

№ п/п	Общая стоимость оборудования, руб.	Срок службы оборудования, лет	Норма амортизации, %	Время использования оборудования, мес.	Величина амортизации, руб.
1	264 500,00	5	20	3	13 225,00
2	40 250,00				2 012,50
3	43 700,00				2 185,00
4	9 436,00				471,80
5	7 836,00				391,80
Итого					18 286,10

Величина амортизации рассчитывается по следующей формуле [34]:

$$A = \frac{C_{\text{перв}} \cdot H_a \cdot a}{100 \cdot 12},$$

где $C_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость, руб.;

H_a – норма амортизации, %;

a – срок работы, месяц.

Норма амортизации:

$$H_a = \frac{1}{T} \cdot 100 \%,$$

где T – срок эксплуатации, год.

$$H_a = \frac{1}{5} \cdot 100 \% = 20 \%$$

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада [34]:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата, руб.;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от $З_{осн}$), руб.

Основная заработная плата ($З_{осн}$) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p,$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых исследователем, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_{дн}},$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб.дн. $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

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

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

В таблице 24 приведен баланс рабочего времени каждого работника ВКР.

Таблица 24 – Баланс рабочего времени в 2022 году

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Бакалавр	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 должностной оклад работника [34]:

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

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

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

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

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 25.

Таблица 25 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , руб.	<i>k_{np}</i>	<i>k_о</i>	<i>k_p</i>	З _м , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	37 700,00	0,3	0,35	1,3	80 866,50	8,2	28 379,82
Консультант по ЭЧ	37 700,00				80 866,50	3,9	13 497,72
Консультант по СО	27 132,00				58 198,14	2,9	7 223,28
Бакалавр	19 200,00				41 184,00	73,4	116 008,19
Итого							165 109,01

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле [34]:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}},$$

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

Общая заработная плата исполнителей работы с учётом дополнительной заработной платы в 15 % представлена в таблице 26.

Таблица 26 – Общая заработная плата исполнителей

Заработная плата	Научный руководитель	Консультант по ЭЧ	Консультант по СО	Бакалавр
Основная	28 379,82	13 497,72	7 223,28	116 008,19
Дополнительная	4 256,97	2 024,66	1 083,49	17 401,23
Итого	32636,79	15 522,38	8 306,77	133 409,42

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [34]:

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

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

Общий совокупный тариф отчислений составляет 30 %. В таблице 27 рассчитаны отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 27 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	28 379,82	4 256,97
Консультант по ЭЧ	13 497,72	2 024,66
Консультант по СО	7 223,28	1 083,49
Бакалавр	116 008,19	17 401,23
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого		
Научный руководитель	9 791,04	
Консультант по ЭЧ	4 656,71	
Консультант по СО	2 492,03	
Бакалавр	40 022,83	

4.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергии, транспортные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [34]:

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

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

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16 %.

$$З_{\text{накл}} = 276\,200,57 \cdot 0,16 = 44\,192,09 \text{ руб.}$$

4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на ВКР по теме: «Исследование антиокислительной способности ряда пищевых добавок методом вольтамперометрии» приведено в таблице 28.

Таблица 28 – Расчет бюджета затрат ВКР

№ п/п	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1	Материальные затраты	11 076,50	п. 4.3.1 Таблица 21
2	Затраты на оборудование	18 286,10	п. 4.3.2 Таблица 23
3	Основная заработная плата исполнителей	165 109,01	п. 4.3.3 Таблица 25
4	Дополнительная заработная плата исполнителей	24 766,35	п. 4.3.4 Таблица 26
5	Отчисления во внебюджетные фонды	56 962,61	п. 4.3.5 Таблица 27
6	Накладные расходы	44 192,09	п. 4.3.6
7	Бюджет затрат исследования	320 392,66	Сумма статей 1-6

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения исследования (таблица 28).

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как [34]:

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

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

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки (таблица 29) 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 29 – Расчёт интегрального финансового показателя

Исполнение	Стоимость исполнения	Максимальная стоимость исполнения	Интегральный финансовый показатель
В	320 392,66	908 152,76	0,35
Х	908 152,76		1
С	301 456,97		0,33

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [34]:

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

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

Результаты расчета интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта: В – вольтамперометрическая методика, Х – хроматографическая методика, С – спектрофотометрическая методика

№ п/п	Критерий	Весовой коэффициент параметра	В	Х	С
1	Точность определения	0,4	5	4	5
2	Экспрессность	0,3	5	4	3
3	Простота эксплуатации	0,3	4	3	5
Итого		1	4,7	3,7	4,4

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

$$I_{p-исп.2} = 0,4 \cdot 4 + 0,3 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 = 3,7$$

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

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле [34]:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{финр.1}}, I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп.2}}{I_{финр.2}} \text{ и т. д.}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 31) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность разработки ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$) [34]:

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

Таблица 31 – Сравнительная эффективность разработки: В – вольтамперометрическая методика, Х – хроматографическая методика, С – спектрофотометрическая методика

№ п/п	Показатели	В	Х	С
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,35	1	0,33
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,7	4,4
3	Интегральный показатель эффективности	13,43	3,7	13,33
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	3,63	0,28	0,99
		1,0	0,28	3,60

На основании расчетов и сравнения вариантов исполнения данной разработки можно сделать вывод, что наиболее эффективным решением задачи изучения антиокислительной способности пищевых добавок является проведение исследования методом вольтамперометрии. Таким образом, изначально выбранная методика является более эффективной, так как она более точна и проста в эксплуатации.

Вывод по разделу

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

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Научно-исследовательская работа направлена на исследование электрохимических свойств пищевых добавок как перспективных веществ для исследования и использования в пищевой и фармацевтической промышленности.

Исследование электрохимических свойств пищевых добавок проводилось на компьютеризованном вольтамперометрическом анализаторе «ТА-2» (ООО «НПП «Томьаналит» г. Томск).

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовую основу обеспечения безопасности и здоровья составляют Конституция РФ, которая гарантирует право граждан на труд, отдых, охрану здоровья и т.д., а также законы, постановления и подзаконные акты. На основе подзаконных актов разрабатываются положения, инструкции, правила, устанавливающие принципы организации работ по обеспечению безопасности и сохранению здоровья.

5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

На работу в химико-аналитические лаборатории принимаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование для решения вопроса о возможности работы в лаборатории.

При выполнении своих обязанностей лаборант может быть подвержен воздействию опасных и вредных производственных факторов: физических и химических. Для защиты от данных факторов согласно установленным нормам

лаборанту выдаются сертифицированные средства индивидуальной защиты, а также смывающие и обезвреживающие средства.

Вредные условия труда негативно влияют на состояние здоровья работников и их дееспособность. В зависимости от класса опасности условий и их влияния на организм работника, государство обязывает работодателя в соответствии ТК РФ статья 147 выплачивать ему повышенную заработную плату [35]. В качестве дополнительных льгот и компенсаций предусмотрены следующие:

- уменьшение рабочего времени;
- дополнительный ежегодный отпуск;
- досрочный выход на пенсию;
- обязательные периодические медосмотры за счёт работодателя и др.

5.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Работа в лаборатории подразумевает проведение экспериментов и исследований в стоячем и сидячем положениях. В связи с этим, рабочее место должно соответствовать определенным нормативным документам [36,37].

К эргономическим требованиям правильного расположения и компоновке рабочей зоны в аналитической лаборатории относят:

- наличие естественного и искусственного освещения, в соответствии с требованием СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [38];
- 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» [39];

– наличие вентиляции, которая обеспечивает необходимый воздухообмен для сотрудников, а также способствует поддержанию уровня влажности и температуры. Установка и выбор вентиляции осуществляется в соответствии с ГОСТ 32548-2013 «Вентиляция зданий. Воздухораспределительные устройства» [40];

– выполняемая работа относится к легкой категории работ, параметры рабочей зоны в соответствии с ГОСТ представлены в таблице 32;

Таблица 32 – Параметры рабочей зоны для стоячего и сидячего положений [36,37]

Работа в стоячем положении	Высота рабочей поверхности	Для женщин	990 мм
		Для мужчин или женщин	1060 мм
		Для мужчин	1025 мм
Работа в сидячем положении	Высота рабочей поверхности	Для женщин	700 мм
		Для мужчин или женщин	750 мм
		Для мужчин	725 мм
	Высота сиденья	Для женщин	400 мм
		Для мужчин или женщин	420 мм
		Для мужчин	430 мм

– обеспечение водопроводными раковинами для мытья рук персонала и химической посуды, канализацией;

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

– лабораторная мебель 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 включают в сеть под соответствующим напряжением, что позволяет избежать поломки оборудования и возникновения пожароопасных ситуаций;

– предоставление рабочему персоналу средства индивидуальной защиты: спецодежда, перчатки, обувь и др.

Рабочее место сотрудника аналитической лаборатории 2 корпуса ТПУ соответствует требованиям [36,37].

5.2 Производственная безопасность

В Федеральном законе РФ от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» в статье 3 «Специальная оценка условий труда» установлено, что необходимо выявить все вредные и опасные факторы для оценки их влияния на работников, для последующего установления способов индивидуальной и коллективной защиты [41]. Выполнение научно-исследовательской работы по данной тематике требует четкого соблюдения правил по технике безопасности и охране труда работников, поскольку осуществляется работа с химическими реактивами, электрооборудованием.

5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

В процессе исследования электрохимических свойств пищевых добавок методом вольтамперометрии возможно возникновение вредных и опасных факторов, которые оказывают отрицательное влияние на здоровье сотрудников. В таблице 33 рассмотрены возможные негативные факторы [42].

Таблица 33 – Возможные опасные и вредные факторы при проведении исследования

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [39].
2. Повышенный уровень шума	–	–	+	ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [43]. ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация [44].
3. Отсутствие или недостаток необходимого освещения	+	+	+	ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений [45].
4. Статические перегрузки	+	+	+	ГОСТ 12.2.033-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования [36]. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [37].
5. Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, называемые для краткости химическими веществами	–	+	+	ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [46].
6. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	–	–	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [47]. ПУЭ. Заземление и защитные меры электробезопасности [48].

5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

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

Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

К основным показателям микроклимата воздуха в лаборатории, можно отнести:

- температура воздуха и поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха.

Оптимальные показатели параметров микроклимата, приведенные в таблице 34, контролируются согласно соответствующему нормативному документу СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [39].

Таблица 34 – Оптимальные показатели параметров микроклимата в аналитической лаборатории [39]

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Относительная влажность		Скорость движения, м/с	
		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Холодный	Средней тяжести	18 – 20	17 – 23	40 – 60	75	0,1	Не более 0,2
Теплый		21 – 23	18 – 27	40 – 60	65	0,2	0,1 – 0,3

Наличие системы вентиляции позволяет поддерживать требуемые параметры микроклимата. Она подаёт чистый воздух и удаляет загрязненный воздух из рабочей зоны. Локальная система подразумевает местную вентиляцию в роли которой выступает вытяжной шкаф и отопительная система.

Повышенный уровень шума

Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему, в результате чего ослабляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях рабочего, снижается производительность труда.

Уровни шума не должны превышать значений, установленных в ГОСТ 12.1.003-2014 и ГОСТ 12.1.029-80, контроль данного параметра проводится не реже двух раз в год [43,44].

Для снижения шума и вибрации в помещениях проводятся следующие основные мероприятия:

- рациональная планировка оборудования;
- использование шумобезопасной техники;
- уменьшение уровня шума источника;
- использование систем звукоизоляции и звукопоглощения.

Важным для снижения опасного воздействия данных факторов на организм человека является правильная организация труда и отдыха, постоянное медицинское наблюдение, лечебно-профилактические мероприятия.

Отсутствие или недостаток необходимого освещения

Для зрительной работы без перенапряжения глаз должна быть организована система освещения. В аналитической лаборатории для проведения работ необходимо естественное и искусственное освещение.

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» [45].

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 [36,37].

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

Характеристика потенциально опасных химических веществ, используемых при исследовании электрохимических свойств пищевых добавок, представлена в таблице 35.

Таблица 35 – Характеристика используемых химических веществ [49]

Наименование	Физические свойства	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Токсическое действие
Спирт этиловый C ₂ H ₅ OH	Летучая, горючая, бесцветная прозрачная жидкость	1000	4	Относится к наркотным средствам жирного ряда. В результате действия на кору головного мозга вызывает опьянение с характерным алкогольным возбуждением. В больших дозах вызывает наркотический эффект. Угнетающе действует на центральную нервную систему. При отравлении характерны тошнота, рвота и дегидратация.

Уменьшить возможный риск для организма человека в процессе выполнения работ возможно при проведении следующих мероприятий [46]:

– использование средств индивидуальной защиты (лабораторный халат, перчатки, защитные очки);

- система вентиляции (вытяжные шкафы, в которых проводят работу с химическими реактивами);
- герметичные тары для хранения опасных химических реактивов;
- герметичное оборудование для проведения работ;
- соблюдение работниками техники безопасности и инструкций по работе с реактивами.

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

Аналитическая лаборатория для проведения физико-химических исследований 2 корпуса, согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 [47] относится к 1-ой категории по условиям опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18 – 20 °С, с влажностью 40 – 50 %) поражения электрическим током.

При поражении человека электрическим током возможны ожоги, разрыв и нагрев тканей и т.д. Поэтому необходимо строгое соблюдение всех правил по технике безопасности при работе с электроустановками. Для предотвращения поражения человека электрическим током в аналитической лаборатории проведены следующие мероприятия [47]:

- соблюдены соответствующие расстояния до токоведущих частей;
- ограждены токоведущие части;
- при проведении работ все сотрудники лаборатории используют средства индивидуальной защиты;
- размещены специальные предупреждающие надписи и сигнализации;
- при каждом проведении работ проводится проверка целостности оборудования;
- применяются специальные устройства для снижения напряженности электромагнитных полей до допустимых значений.

Основными непосредственными причинами электротравматизма являются:

- прикосновение к оголенным проводам, контактам электроприборов, находящихся под напряжением;
- прикосновение к частям электроприборов с поврежденной изоляцией;
- прикосновение к предметам, случайно оказавшимся под напряжением;
- нахождение вблизи оборванного провода электросети;
- отсутствие индивидуальных средств защиты;
- неправильное комплектование установки;
- несоблюдение правил техники безопасности.

Основными техническими средствами защиты согласно правилам устройства электроустановок являются [48]:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

5.3 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов имеет огромное экономическое и социальное значение. Вредные вещества могут попадать в окружающую среду по сточным водам в виде пыли, дыма, газа, твердых отходов производства. Рассмотрим мероприятия по защите

окружающей среды на отдельных её частях – атмосфере, гидросфере и литосфере.

Воздействие на атмосферу

Для снижения ущерба и избегания попадания вредных веществ в атмосферу, все работы необходимо проводить в вытяжном шкафу, который оборудован фильтром. Также в помещении должна быть оборудована система вентиляции.

Воздействие на гидросферу

В аналитической лаборатории используют небольшое количество воды, в основном для промывки электродов, мытья химической посуды и разбавления растворов и химических веществ.

В процессе данного исследования используется потенциально опасное вещество – этанол, которое в дальнейшем попадает в сточные воды. 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. При этом опасность представляет не только сам спирт, но и тара, в которой он хранился, поэтому она тоже подлежит утилизации.

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.

Воздействие на литосферу

В процессе лабораторных исследований образуются твердые отходы, такие как: стеклянный бой посуды, средства индивидуальной защиты

(перчатки). Бой посуды, предварительно очищенный от загрязнений, утилизируют в специальный контейнер, который затем вывозится в пункты переработки отходов, а средства индивидуальной защиты подвергают обязательной дезинфекции на месте их образования. Обеззараженные отходы собирают в одноразовую герметичную упаковку желтого цвета.

Одноразовые емкости желтого цвета с отходами класса Б маркируют надписью: «Опасные отходы – «Класс Б» с указанием названия лаборатории, кода учреждения, даты, фамилии ответственного за сбор отходов лица. Дальнейшую утилизацию отходов проводят централизованно специальным автотранспортом на полигон ТБО. Сбор и утилизацию отходов производят службы, имеющие лицензию на обращение с медицинскими отходами.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация подразумевает обстановку на определенной территории, сложившуюся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Классификация ЧС [50]:

- связанная с производственными авариями (взрывы, пожары, выброс вредных веществ);
- связанная со стихийными бедствиями (наводнения, ураганы, землетрясения и т.д.);
- конфликтного характера (применение оружия массового поражения, вооруженное нападение, действие экстремистских групп).

Подготовленность к ЧС является одним из важных факторов обеспечения безопасности жизнедеятельности людей.

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследования

При выполнении исследования в аналитической физико-химической лаборатории может возникнуть несколько видов чрезвычайной ситуации:

- замыкание проводки, которое может стать причиной возгорания;
- неисправность оборудования;
- утечка токсичных веществ;
- получение термического или химического ожога;
- отравление химическими реагентами или их парами.

Также необходимо отметить стихийные бедствия, которые могут возникнуть в ходе работы. Данные явления возникают внезапно и могут привести к многочисленной гибели людей. В климатической зоне города Томска возможны паводки, ливни, сильные грозы и порывистый ветер. В случае последнего возможен обрыв линий электропередач, из-за чего возможны перебои электричества, что может стать причиной пожара. Поэтому необходимо разрабатывать планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей и ликвидации аварии.

5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

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

Для минимизации потенциальных опасностей все лабораторные помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности согласно ГОСТ 12.1.004-91 и иметь необходимые средства противопожарной безопасности согласно ГОСТ 12.4.009-83 [51,52].

Лабораторное помещение по степени пожароопасности относится к классу П-Па. Для пожароопасных зон данного класса характерно расположение в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

Сотрудники лаборатории, заметившие задымление, пожар или другие признаки горения обязаны:

- незамедлительно сообщить в пожарную часть с городского телефона по номеру «01», с мобильного телефона по номерам «101» или «112»;
- принять всевозможные меры по недопущению распространения огня (убрать все огне- и взрывоопасные вещества от очага возгорания, обесточить электрооборудование);
- известить начальника лаборатории, который в свою очередь обязан провести эвакуацию сотрудников;
- знать и уметь пользоваться первичными средствами пожаротушения.

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, горящей 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.

В аварийных условиях при повышенной концентрации этилового спирта в воздухе, а также при пожаре следует использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания, противогазы. Средства пожаротушения: распыленная вода, песок, асбестовое одеяло, все виды огнетушителей [49].

Перед началом работы проводится обучение и проверка знаний работника по требованиям безопасности труда. Во избежание любых ЧС необходимо строгое соблюдение техники безопасности.

Вывод по разделу

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены вопросы обеспечения безопасности и охраны труда, связанные с работой в аналитической лаборатории, выявлены вредные и опасные факторы, влияющие на здоровье работников, и обоснованы мероприятия по защите сотрудников от их воздействия. Проведен анализ влияния данного исследования на окружающую среду и предложены меры по её защите. А также рассмотрены безопасные условия труда для обслуживающего персонала в ходе выполнения работ по исследованию электрохимических свойств пищевых добавок методом вольтамперометрии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения ВКР:

1. Были рассмотрены жирорастворимые пищевые добавки E304, E310, E319, E320, E321 и их области применения, а также изучены методы оценки антиокислительной способности.

2. Методами планирования эксперимента определили оптимальные условия проявления антиокислительной способности пищевых добавок:

1) построен план эксперимента методом полного факторного эксперимента, варьируя условия (концентрация исследуемого вещества и концентрация этилового спирта в фоновом электролите);

2) построены математические модели процесса, все коэффициенты линейных уравнений значимы, модели адекватно описывают процесс;

3) методом крутого восхождения определили оптимальные условия проявления антиокислительной способности пищевых добавок;

4) процесс ЭВ O_2 является квазиобратимым, предположен механизм SE взаимодействия исследуемых веществ с молекулярным кислородом;

5) получено, что наибольший коэффициент антиокислительной способности у пищевой добавки E319, предположительно это связано с его строением.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1 Шишко Ю. О., Маношкина А. К., Гражданников Д. А. Исследование антиокислительной способности жирорастворимой формы витамина С // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л. П. Кулёва и Н. М. Кижнера / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – т.1 С. 335-336.

2 Маношкина А. К., Шишко Ю. О., Гражданников Д. А. Антиоксидантная активности синтетических консервантов (Е320 и Е321), используемых в косметике // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л. П. Кулёва и Н. М. Кижнера / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – т.1 С. 309-310.

3 Шишко Ю. О., Маношкина А. К. Исследование антиокислительной способности пищевых добавок синтетического происхождения Е 310 и Е 319 // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л. П. Кулёва и Н. М. Кижнера / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2022. – т.1 С. 403-404.

4 Маношкина А. К., Королев М. С., Шишко Ю. О. Оценка антиоксидантной активности производных фенотиазина: 10-трифторацетил фенотиазина и 3-трифторэтил-10-метилфенотиазина // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л. П. Кулёва и Н. М. Кижнера / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2022. – т.1 С. 368-369.

5 Shishko Y. O., Manoshkina A. K. Investigation of the antioxidant activity of food additives of synthetic E310 and E319 // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л. П. Кулёва и Н. М. Кижнера / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2022. – т.2 С. 230-231.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Vladimirov Yu. A. //Free radicals. A practical approach - Ред. Punchard N. A. and Kelly, F.J.. Oxford University Press, Oxford, New York, Tokyo, 1996. – С. 65-82.
- 2 Хавинсон В.Х., Баранов В.А., Арутюнян А.В., Малинин В.В. Свободнорадикальное окисление и старение. — СПб.: Наука, 2003. – 327 с.
- 3 Bors, W.; Heller, W.; Michel, C.; Stettmaier, K. Flavonoids, and polyphenols: Chemistry and biology. In Handbook of Antioxidants; Cadenas, E., Packer, L., Eds.; Marcel Dekker: New York, NY, USA. – 1996; pp. 409–466.
- 4 Curulli, A. Nanomaterials in Electrochemical Sensing Area: Applications and Challenges in Food Analysis. – Text : electronic // Journal of molecules. – 2020. – DOI: 10.3390/molecules25235759
- 5 Palma S, Manzo R, Lo Nostro P, Allemandi D. Nanostructures from alkyl vitamin C derivatives (ASC_n): properties and potential platform for drug delivery. Int J Pharm. – 2007;345:26–34. – DOI: 10.1016/j.ijpharm.2007.09.014.
- 6 Wei, P.L.; Huang, C.Y.; Chang, Y.J. Propyl gallate inhibits hepatocellular carcinoma cell growth through the induction of ROS and the activation of autophagy. – 2019, 14, e0210513.
- 7 Mamta, Misra, K., Dhillon, G.S., Brar, S.K., Verma, M. Antioxidants. In: Brar, S., Dhillon, G., Soccol, C. (eds) Biotransformation of Waste Biomass into High Value Biochemicals. – 2014. Springer, New York, NY. – DOI: 10.1007/978-1-4614-8005-1_6
- 8 Wang, Y., Li, X., Sun X. The transformation mechanism and eco-toxicity evaluation of butylated hydroxyanisole in environment / Y. Wang. – Text : electronic // Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety – 2022. – Vol. 231, 113179. – DOI: 10.1016/j.ecoenv.2022.113179.
- 9 Butylated Hydroxytoluene (BHT). Crops. National Organic Standards Board Technical Advisory Panel Review Compiled by OMRI for the USDA National Organic Program : site. – USA, 2002. – URL:

<https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Butylated%20Hydroxytoluene%20TR.pdf>

10 Tongdeesoontorn, W.; Mauer, L.J.; Wongruong, S.; Sriburi, P.; Rachtanapun, P. Physical and Antioxidant Properties of Cassava Starch–Carboxymethyl Cellulose Incorporated with Quercetin and TBHQ as Active Food Packaging. *Polymers* – 2020, 12, 366. – DOI: 10.3390/polym12020366

11 Будников Г.К. Основы современного электрохимического анализа / Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев. – Москва : Мир: Бином ЛЗ, 2003. – 592 с. ил. – (Методы в химии).

12 Дамаскин Б. Б. Электрохимия : учебное пособие для хим. фак. ун-тов. / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий. – Москва : Высш. шк., 1987. – 295 с.: ил.

13 Антропов, Л. И. Теоретическая электрохимия. Учебное пособие для хим.-технолог. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Изд-во «Высшая школа», 1984. – 519 с.

14 Иванова, Н. П. Электрохимический синтез : электронный конспект лекций для студентов специальности «Технология электрохимических производств» / Н. П. Иванова, И. А. Великанова, П. Б. Кубрак. – Минск : БГТУ, 2011. – 111 с.

15 Электродные процессы в растворах органических соединений / Б. Б. Дамаскин, Л. Н. Некрасов, О. А. Петрий [и др.] ; Учеб. пособие / Под ред. Б. Б. Дамаскина. – Москва : Изд-во Моск. ун-та., 1985. – 312 с.

16 Бык, М. В., Ткаленко, Д. А., Проценко, А. В., Ткаленко, М.Д. Влияние анионного состава электролитов на процесс анодного растворения металлов подгруппы железа // *Химия и химическая технология*. – 2006, том 49, вып. 1

17 Дамаскин Б. Б. Введение в электрохимическую кинетику : учебное пособие для студентов хим. спец. ун-тов. / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высш. школа, 1983. – 400 с., ил.

18 Тринеева, О. В. Методы определения антиоксидантной активности объектов растительного и синтетического происхождения в фармации (обзор) /

Разработка и регистрация лекарственных средств / Аналитические методики и методы контроля. – 2017. – С. 180-197.

19 Е.Н. Шарафутдинова, А.В. Иванова, А.И. Матерн, Х.З. Брайнина. Качество пищевых продуктов и антиоксидантная активность // Аналитика и контроль. 2011. Т. 15. № 3. С. 281–286.

20 В.В. Хасанов, Г.Л. Рыжова, Е.В. Мальцева. Методы исследования антиоксидантов // Химия растительного сырья. 2004. № 3. С. 63–75.

21 Яшин Д.Я., Яшин Я.И., Черноусова Н.И. Антиоксиданты в красном вине и их определение амперометрическим методом // Виноделие и виноградарство. 2007. № 6. С. 22–23.

22 И.Ф. Абдулин, Е.Н. Турова, Г.К. Будников, Г.К. Зиятдинова. Электрогенерированный бром – реагент для определения антиоксидантной способности соков и экстрактов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2002. Т. 62. № 9. С. 13–15.

23 А.А. Лапин, М.Ф. Борисенков, И.В. Карманов и др. Антиоксидантные свойства продуктов растительного происхождения // Химия растительного сырья. 2007. № 2. С. 79–83.

24 В.А. Гульшина, Л.Б. Терешкина, Н.П. Романова и др. Оценка качества сырья амаранта по содержанию антиоксидантов и кальция // Тезисы материалов IV Всеросс. научной конф. «Химия и технология растительных веществ». – Сыктывкар. 2006. С. 241.

25 Г.М. Алексеева, Э.Л. Арзуманян, Л.И. Слепян, А.Л. Марченко. Определение антиоксидантной активности в водных и спиртоводных извлечениях из штаммов растений семейства аралиевых // Сборник научных трудов: «Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции». – Пятигорск. 2012. Вып. 67. С. 382–383.

26 В.М. Мисин, Н.Н. Сажина, Е.И. Короткова. Измерение антиоксидантной активности экстрактов смесей чая электрохимическими методами // Химия растительного сырья. 2011. № 2. С. 137–143.

27 М.В. Ларина. Растительные фенолы и антиокислительная активность экстрактов // Тезисы материалов IV Всеросс. научной конф. «Химия и технология растительных веществ». – Сыктывкар. 2006. С. 107.

28 И.В. Шилова, Е.А. Краснов, Е.Ю. Авдеева и др. Химический состав и антиоксидантные свойства растений рода лабазник и альфредия // Тезисы материалов IV Всеросс. научной конф. «Химия и технология растительных веществ». – Сыктывкар. 2006. С. 217

29 И.В. Шилова, Е.И. Короткова, А.Н. Вторушина. Антиоксидантные свойства и биологически активные вещества экстракта лабазника обыкновенного // Тезисы материалов V Всеросс. научной конф. «Химия и технология растительных веществ». – Уфа. 2008. С. 329.

30 Е.И. Короткова, О.А. Аврамчик, М.С. Юсубов и др. Определение антиоксидантной активности экстрактов растительного сырья методом катодной вольтамперометрии // Хим.-фарм. журн. 2003. № 9. С. 55–56.

31 Е.Р. Газизуллина, Я.А. Окулова, К.Г. Попова и др. Потенциометрический метод определения антиоксидантной активности пищевых объектов и объектов фармации с использованием комплексов металлов // Материалы XX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. 2016. С. 251.

32 Л.П. Некрасова, Р.И. Михайлова, И.Н. Рыжова. Определение антиоксидантной активности электрохимически активированной воды потенциометрическим и спектрофотометрическим методами // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 5–4. С. 559–563.

33 Способ определения оксидантной/антиоксидантной активности растворов /Х.З. Брайнина, А.В. Иванова, ООО «НПВП «ИВА» - УрГЭУ: Пат. 2235998 Рос. Федерация; заявл. 14.11.2002, опубл. 10.09.2004. Бюл. № 25. 4 с.

34 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В.

Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

35 Российская Федерация. Трудовой кодекс Российской Федерации : Федеральный закон N 197-ФЗ : [принят Государственной Думой 21 декабря 2001 года]. – Москва, 2022. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664>

36 ГОСТ 12.2.033 – 78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200005187> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

37 ГОСТ 12.2.032 – 78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

38 СП 52.13330.2016. Свод правил. Естественное и искусственное освещение: дата введения 2017-05-08. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

39 СанПиН 1.2.3685 – 21. Санитарные правила и нормы. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: действ. с 01.03.2021. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

40 ГОСТ 32548 – 2013. Вентиляция зданий. Воздухораспределительные устройства. Общие технические условия: дата введения 2015-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110084> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

41 Российская Федерация. Законы. О специальной оценке условий труда : Федеральный закон N 426-ФЗ : [принят Государственной Думой 23 декабря 2013 года]. – Москва, 2020. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499067392>

42 ГОСТ 12.0.003 – 2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения 2017-03-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

43 ГОСТ 12.1.003 – 2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности: дата введения 1984-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200291> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

44 ГОСТ 12.1.029 – 80. Система стандартов безопасности труда. Средства и методы защиты от шума. Классификация: дата введения 1981-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200292> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

45 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: 25.03.2022). – Текст : электронный.

46 ГОСТ 12.1.007 – 76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности: дата введения 1977-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200233> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

47 ГОСТ Р 12.1.019 – 2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты: дата введения 2011-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200080203> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

48 Правила устройства электроустановок : официальное издание : утверждены приказом Минэнерго России от 08.07.2002 N 204 : введены в действие 01.01.2003. – Москва : НИЦ ЭНАС, 2007. – (Заземление и защитные меры электробезопасности). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030218> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

49 ГОСТ 5962 – 2013. Спирт этиловый ректификованный из пищевого сырья. Технические условия: дата введения 2014-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103298> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

50 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. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9009935>

51 ГОСТ 12.1.004 – 91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования: дата введения 1992-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

52 ГОСТ 12.4.009 – 83. Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание: дата введения 1985-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003611> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.