

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка методики вольтамперометрического определения антрахинонового красителя Реактивного Синего 4

УДК 667 282 543.55

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Мальцева Альбина Руслановна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Липских Ольга Ивановна	к.х.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

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., доцент		

Резецент

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Томск – 2022 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 18.03.01 (бакалавр)
 направление «Химическая технология»
 специальность «Химическая технология 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>Аппаратура и методика эксперимента</i>	
	<i>Разработка методики количественного определения Реактивного синего 4 в пробе речной воды</i>	

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Липских Ольга Ивановна	к.х.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Михеева Елена Валентиновна	К.х.н., доцент		

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

 (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	Мальцевой Альбине Руслановне

Тема работы:

Разработка методики вольтамперометрического определения антрахинонового красителя Реактивного Синего 4	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	95-70/с от 05.04.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является разработка методики количественного определения антрахинонового красителя RB4. Область применения: аналитический и экологический контроль, химическая промышленность, текстильная промышленность</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>В рамках исследования проведен обзор литературы, поиск аналитического сигнала реактивного синего 4 на различных типах электродов, подбор рабочих условий определения в модельных средах, произведена оценка правильности разработанной методики.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Креницына Зоя Васильевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Гуляев Милий Всеволодович</p>

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

Задание выдал руководитель/консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Липских Ольга Ивановна	к.х.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Мальцева Альбина Руслановна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д83	Мальцева Альбина Руслановна

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОХИ
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	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- районный коэффициент- 1,3; - накладные расходы – 16%; - норма амортизации 10%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации. 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 результатов исследования; проведение анализа конкурентных технических решений; SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения исследования, бюджет исследования.
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. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. 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	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д83	Мальцева Альбина Руслановна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Д83	Мальцева Альбина Руслановна

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

Тема ВКР:

Разработка методики вольтамперометрического определения антрахинонового красителя Реактивного Синего 4	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<p><i>Объект исследования Реактивный синий 4.</i></p> <p><i>Область применения аналитический и экологический контроль, химическая промышленность, текстильная промышленность.</i></p> <p><i>Рабочая зона: лабораторное помещение физико-химических методов анализа ОХИ НИ ТПУ, 2 корпус, 223 аудитория;</i></p> <p><i>Лаборатория оснащена: ПК, вольтамперометрическим анализатором и спектрофотометром.</i></p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в компьютерной рабочей зоне, оснащенной анализатором.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения/при эксплуатации:	<p><i>Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны – аналитической лаборатории физико-химических методов анализа ОХИ НИ ТПУ, 2 корпус, 223 аудитория;</i></p> <p><i>- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018);</i></p> <p><i>- ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования;</i></p> <p><i>- ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</i></p>
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:	<p><i>Анализ потенциально вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды (ОВПФ).</i></p> <p><i>Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов:</i></p> <p><i>- работа с химическими веществами;</i></p> <p><i>- повышенный уровень шума на рабочем месте;</i></p> <p><i>- неудовлетворительный микроклимат;</i></p> <p><i>- недостаточная освещенность рабочей зоны;</i></p> <p><i>- электроопасность;</i></p> <p><i>- повышенный уровень напряженности электростатического поля, электромагнитных полей;</i></p> <p><i>- пожаровзрывоопасность.</i></p>
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения/при	<p><i>- Анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу.</i></p>

эксплуатации	- Решение по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения/при эксплуатации	- Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. -Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
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	Мальцева Альбина Руслановна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 114 страниц, 21 рисунок, 31 таблица, 49 источников.

Ключевые слова: Реактивный синий 4, Reactive blue 4, RB4, многостенные углеродные нанотрубки, функционализация нанотрубок, модификатор, активация электрода, текстильные красители, классификация красителей, антрахиноновые красители.

Объектом исследования является: Reactive blue 4, Sigma-Aldrich.

Целью работы является исследование электрохимических свойств синтетического красителя Reactive blue 4 (RB4) на модифицированном электроде с последующей разработкой методики количественного определения в объектах окружающей среды.

В процессе эксперимента проводились исследования электрохимических свойств синтетического текстильного красителя Reactive blue 4 методами вольтамперометрии.

В результате исследования была разработана методика количественного определения Reactive blue 4 в объектах окружающей среды.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: научно-исследовательская работа проводилась в аналитической физико-химической лаборатории ОХИ ИШПР ТПУ, оснащённой всем необходимым для исследования оборудованием.

Степень внедрения: работа находится на стадии исследований.

Область применения: аналитический и экологический контроль, химическая промышленность, текстильная промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы: использование новой эффективной методики количественного определения экотоксиканта.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	16
1 Литературный обзор	18
1.1 Антрахиноновые красители как экотоксиканты окружающей среды. Виды и классификация.....	18
1.2 Свойства и применение красителя RB4.....	21
1.3 Методы определения антрахиноновых красителей в объектах окружающей среды.....	23
1.3.1 Высокоэффективная жидкостная хроматография.....	25
1.3.2 Капиллярный электрофорез.....	26
1.3.3 Спектроскопия.....	27
1.3.4 Электрохимические методы	29
1.3.4.1 Применение нанотрубок в электроаналитической химии.....	34
2 Экспериментальная часть.....	36
2.1 Приборы, материалы, реактивы	36
2.2 Методика приготовления модификатора	38
2.3 Методика эксперимента	39
3 Результаты и их обсуждение.....	41
3.1 Определение красителя на стеклоуглеродном электроде.....	41
3.1.1 Влияние pH фонового электролита на интенсивность сигнала электроокисления RB4.....	42
3.1.2 Влияние природы фонового электролита на интенсивность сигнала электроокисления RB4.....	44

3.1.3 Влияние потенциала и времени накопления на интенсивность сигнала электроокисления RB4.....	45
3.1.4 Влияние скорости развертки потенциала на интенсивность сигнала электроокисления RB4.....	46
3.2 Определение красителя на углеродсодержащем электроде с обновляемой поверхностью.....	48
3.2.1 Модификация УСЭ с обновляемой поверхностью.....	48
3.2.2 Активация модифицированного УСЭ.....	50
3.2.3 Количественное определение красителя на МУНТ-УСЭ.....	51
3.3 Определение красителя методом спектрофотометрии	53
3.4 Методика количественного определение красителя RB4 в пробе речной воды методом вольтамперометрии	54
3.5 Проверка правильности разработанной методики	55
ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ.....	57
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	59
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	60
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	60
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	61
4.1.3 SWOT-анализ.....	62
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	66
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	66
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	68
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	69

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	75
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	75
4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для НТИ	77
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	79
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	81
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	82
4.3.6 Накладные расходы	83
4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования	83
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	84
5 Социальная ответственность	88
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	89
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей нормы) правовые нормы трудового законодательства	89
5.1.2 Организационные предприятия при компоновке рабочей зоны.....	90
5.2 Производственная безопасность	91
5.2.1 Анализ потенциально вредных и опасных факторов.....	91
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	93
5.3 Экологическая безопасность.....	102
5.3.1 Анализ влияния процесса исследования на атмосферу	102
5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на гидросферу	103
5.3.3 Анализ влияния процесса исследования на литосферу	103
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	103

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследования.....	104
5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	105
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
Список публикаций студента.....	108
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	109

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире текстильная промышленность имеет огромное значение, так как потребность в одежде является одной из самых главных потребностей в жизни человека. Использование красителей в данной отрасли необходимо для придания яркости и красоты тканям, пряже и одежде.

Раньше для окрашивания различных текстильных материалов использовали натуральные красители. Однако в наше время синтетические красители практически вытеснили натуральные. Искусственные красители обладают следующими преимуществами: широким спектром цветовой гаммы, яркостью, экономичностью и устойчивостью.

Главной проблемой текстильной промышленности является загрязнение сточных вод отходами производства. В объекты окружающей среды могут попадать красители и различные закрепители красителей.

Краситель попадает в водные экосистемы, накапливается в них в результате биоаккумуляции, вызывает гибель обитателей, ухудшение фотосинтеза водных растений, может попадать в пищу людей и становиться мутагеном и канцерогеном. В связи с этим содержание текстильных красителей в стоках производства должно быть минимальным. Необходимость проведения контроля содержания таких веществ в водных экосистемах в настоящее время является актуальной задачей.

Реактивный синий 4 (RB4) – один из красителей, многократно использующихся в текстильной промышленности. RB4 получил свое распространение благодаря хорошему сцеплению с волокнами ткани.

Несмотря на существующие методы определения красителей, электрохимия находит все большее применение для целей количественного определения в виду высокой чувствительности, экспрессности и экономичности.

Целью данной работы является разработка методики количественного определения текстильного синтетического красителя RB4 на модифицированном электроде.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать влияние различных факторов на электрохимический сигнал RB 4 на стеклоуглеродном электроде (СУЭ);
2. Проанализировать существующие подходы модификации электродных поверхностей;
3. Провести функционализацию многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) и модификацию углеродсодержащего электрода (УСЭ) с обновляемой поверхностью;
4. Подобрать условия определения красителя на модифицированном электроде;
5. Провести количественное определение красителя в объекте окружающей среды методом вольтамперометрии.

Практической значимостью данной работы является разработка вольтамперометрической методики количественного определения текстильного красителя RB4 на модифицированном электроде в объектах окружающей среды.

Личный вклад автора заключается в систематизации и резюмировании литературных данных по методам определения RB4, в том числе в водных экосистемах, а также в проведении экспериментальных исследований, интерпретации и обработки данных.

1 Литературный обзор

1.1 Антрахиноновые красители как экотоксиканты окружающей среды. Виды и классификация.

Текстильная промышленность вносит огромный вклад в экономику многих стран. Только в России на сегодняшний день насчитывается около 317 фабрик, относящихся к данному сегменту. На 2021 год доход текстильных предприятий составил порядка 7,7 миллиардов, отсюда чистая прибыль составляет 27,9 миллионов.

Малые и крупные производства текстильного сегмента не только вносят вклад в экономику, но и мешают рациональному природопользованию. Данная промышленность связана с потреблением большого количества воды, энергии и различных химических веществ, что приводит к большому выбросу отходов [1].

Основной проблемой текстильной промышленности является загрязнение сточных вод, так как до 20 % всего загрязнения приходится на процессы крашения тканей. В стоки может попадать от 2 до 50 % от исходной концентрации красителя, устойчивого к фабричной очистке. Попадая в экосистемы, данные соединения накапливаются за счет биоаккумуляции, что может вызывать ухудшение фотосинтеза водных растений, гибель подводных обитателей. Кроме того, красители могут попадать в пищу людей, становиться мутагенами и канцерогенами [2].

Ежегодно для текстильной промышленности изготавливается около 900 тысяч тонн различных красителей. При этом известно около 8 тысяч различных синтетических красителей [3].

Текстильные красители можно классифицировать по критериям, показанным на рисунке 1.

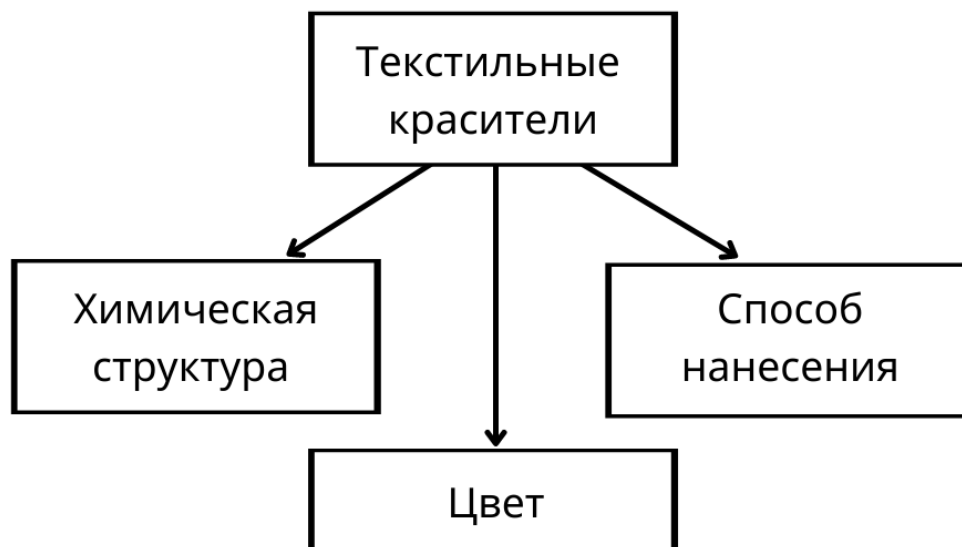
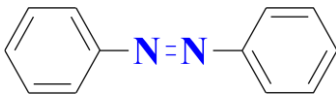
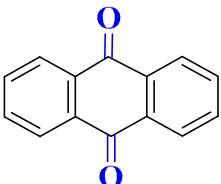
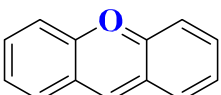
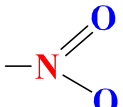


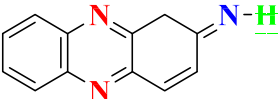
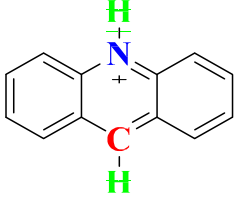
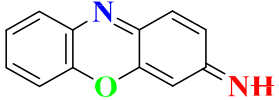
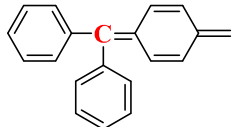
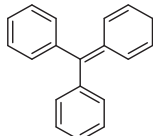

Рисунок 1- Классификация текстильных красителей [3]

Классификация по химической структуре подразумевает собой распределение по хромофорной группе, как видно из таблицы 1. Где хромофор – группы атомов, несущих цвет.

Таблица 1 - Классификация текстильных красителей по химической структуре [3]

Класс красителя	Хромофорная группа
Азокрасители	
Антрахиноновые	
Ксантиновые	
Нитрокрасители	

Продолжение таблицы 1

Хинион-иминовые	
Акридиновые	
Оксазиновые	
Триарилметановые	
Трифенилметановые	
Нитрозокрасители	

По данной классификации второе место в текстильной промышленности, после азокрасителей, занимают антрахиноны. Антрахиноновые красители – это группа синтетических красителей, содержащих хромофорную группу – производную антрахинона. Красители данного класса обладают сложной и стабильной структурой, что позволяет им хорошо удерживаться на тканях.

Также красители различают по способу нанесения [3]:

- прямые;
- сернистые;
- реактивные;
- кислотные;
- кубовые;
- основные;

- дисперсные.

Реактивный синий 4 - один из представителей класса антрахиноновых красителей. Как следует из названия, при его эксплуатации пользуются реактивным способом нанесения. При окрашивании образует прочные связи с волокнами, в связи с чем появилось - второе название - волокно-реактивный краситель.

1.2 Свойства и применение красителя RB4

RB4 – хлортриазиновый краситель на основе антрахинона. Структурная формула данного соединения представлена на рисунке 2.

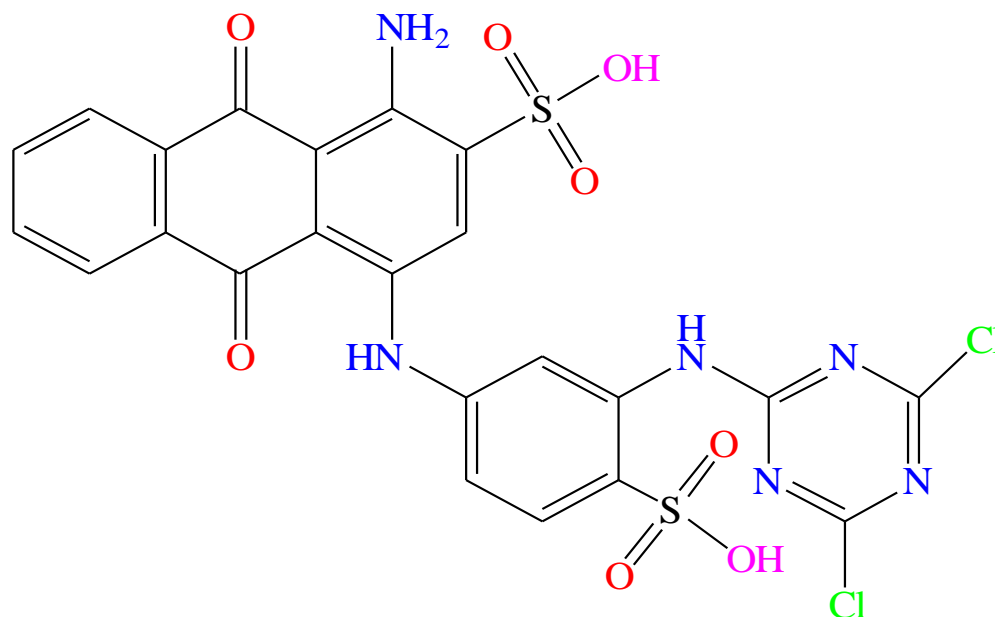


Рисунок 2 – Структурная формула RB4

Название красителя по IUPAC: 1-амино-4-[3-[(4,6- дихлор-1,3,5-триазин-2-ил)амино]-4-сульфоанилино]-9,10-диоксоантрацен-2-сульфовая кислота.

Одним из наиболее распространенных способов получения RB4 является синтез из 1-амино-4-(3-амино-4-сульфофениламино)антрахинон-2-сульфоновой

кислоты, схема синтеза показана на рисунке 3. Реакцию проводят в присутствии гидроксида натрия при 0 °С и рН равном 5 - в течение 2,75 часов.

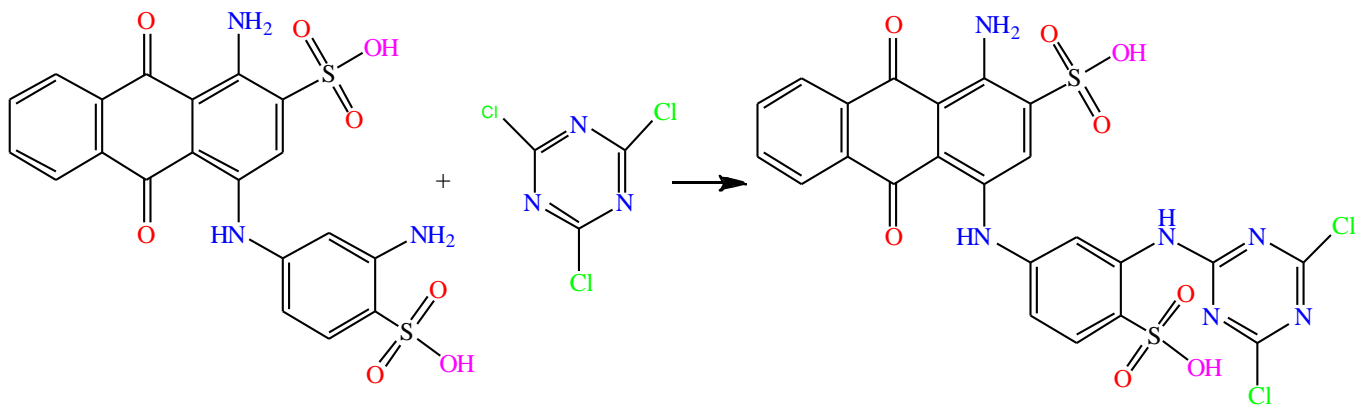


Рисунок 3 – Схема синтеза RB4 [4]

Эмпирическая формула RB4 – $C_{23}H_{14}Cl_2N_6O_8S_2$. Индекс красителя, соответствующий классификации: 61205.

RB4 – порошок синего цвета, без запаха, хорошо растворим в воде.

RB4 обладает определенными физико-химическими свойствами, представленными в таблице 2.

Таблица 2 – Некоторые физико-химические показатели RB4 [5]

Показатель	Значение
Молекулярная масса	637,43 г/моль
Растворимость	1,57 М
Плотность	1,9 г/см ³
ПДК (рабочая зона)	2 мг/м ³
Индекс преломления	1,755

Продолжение таблицы 2

Поляризуемость	$56,7 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3$
Поверхностное натяжение	$111,9 \cdot 10^{-3} \text{ Н/см}$
Максимум поглощения	599 нм

Большое распространение RB 4 получил в текстильной промышленности для окрашивания хлопчатобумажных, шерстяных, хлопковых и полиамидных материй. В процессе окрашивания краситель образует с данными волокнами ковалентную связь. Также RB4 используют для крашения синтетических волокон, резины, бумаги, пластических масс, кожи, меха и других материалов.

1.3 Методы определения антрахиноновых красителей в объектах окружающей среды

Антрахиноновые красители обладают сложной и стабильной структурой. Кроме того, красители данного класса более токсичные для микроорганизмов и клеток человека, по сравнению с другими красителями текстильной промышленности.

Существует множество методов определения антрахиноновых красителей в зависимости от их свойств. Самые распространенные из них представлены на рисунке 4.

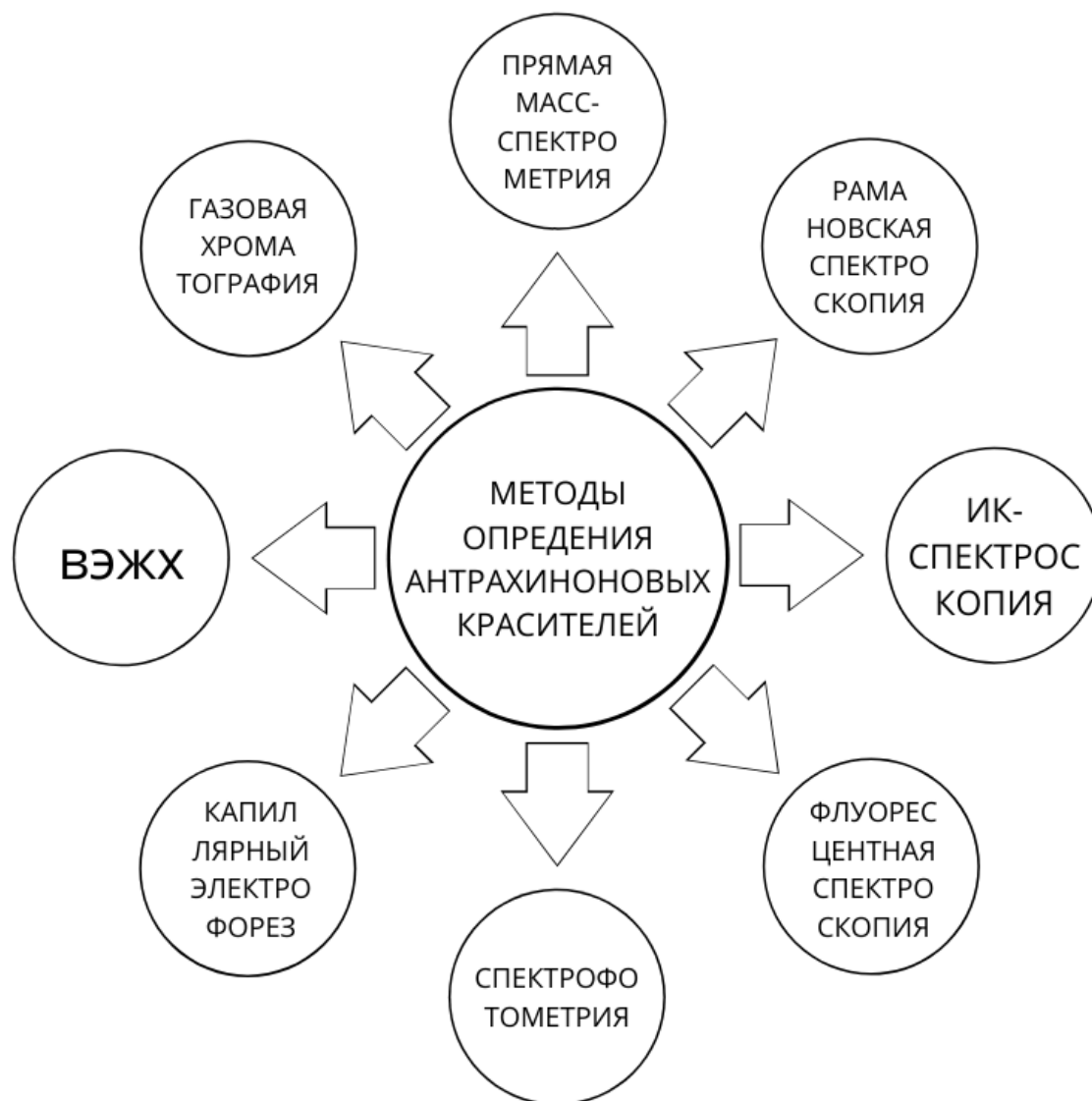


Рисунок 4 – Аналитические методы определения антрахиноновых красителей в объектах окружающей среды [5]

Однако определение RB4 осуществляется лишь некоторыми из представленных методов. На рисунке 5 представлена диаграмма публикаций за последние 5 лет по методам определения исследуемого красителя.

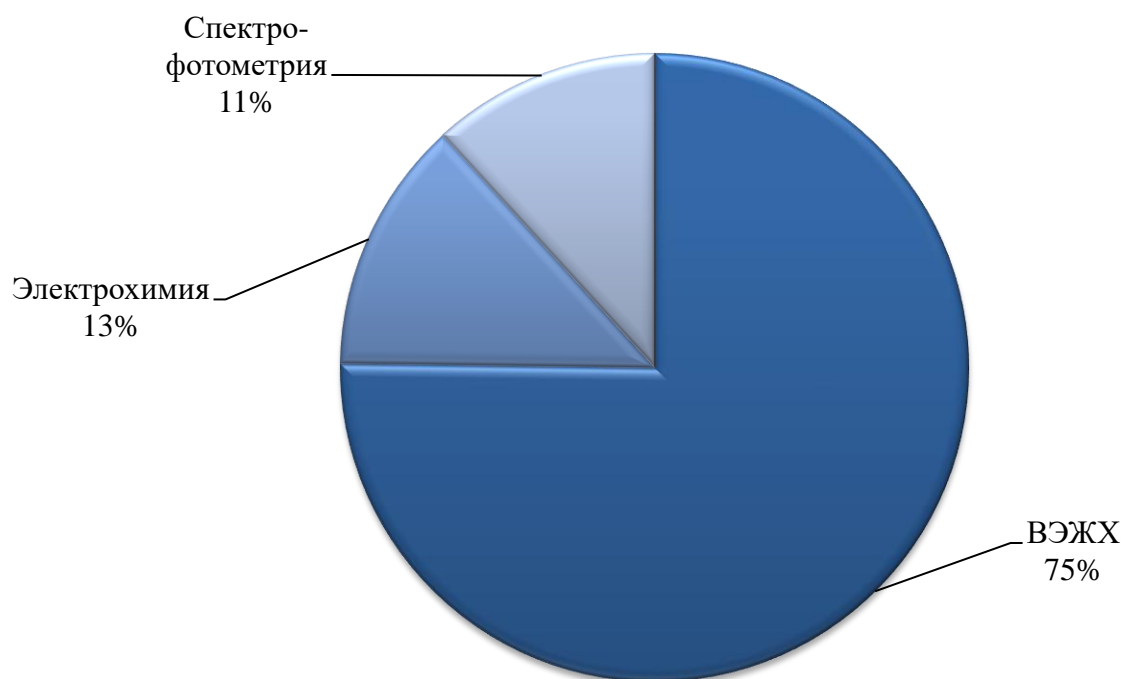


Рисунок 5 – Диаграмма распределения методов определения RB4, за последние 5 лет, по данным Google Scholar [7]

Из данной диаграммы видно, что большую часть исследований проводится методом ВЭЖХ (около 112 тысяч публикаций). Статьи по методам спектрофотометрии и электрохимии обладают практически одинаковыми сегментами, их публикации равны 19 и 17 тысяч, соответственно.

1.3.1 Высокоэффективная жидкостная хроматография

Наиболее распространенным методом определения антрахинонового красителя в сточных водах и объектах окружающей среды является ВЭЖХ. Метод используется для исследования гидролизированных и негидролизированных форм реактивных красителей.

Гидролизированный и негидролизированный краситель идентифицируют на основании характеристик спектров, а также времени удерживания. Большинство

антрахиноновых красителей содержат β -сульфатоэтилсульфовую группу. В результате гидролиза данная группа переходит в винилсульфовую форму, а далее в β -гидроксиэтилсульфовую [7].

То есть в результате гидролиза молекула красителя теряет хлорид-ион и приобретает гидроксильную группу. Отсюда, у гидролизованного RB4 время удерживания больше, чем у формы, не подвергающейся гидролизу.

Однако, необходимо помнить, что в текстильной промышленности для закрепления цвета используют различные поверхностно-активные вещества (ПАВ). Перед анализом сточных вод методом ВЭЖХ пробу исследуют с помощью методов спектрофотометрии, потенциометрии и кондуктометрии на взаимодействие красителя с ПАВ [8].

В работе [9] для определения RB4 используют ионно-парную хроматографию с градиентным элюированием. Для этого используют установки с детектором в виде диодной матрицы (УФ-детектор), анализ проводят при температуре 40 °С. Отслеживание проводят по максимальной длине волны 598 нм. Мобильная фаза состоит из элюента А – вода:метанол 80:20 %, и элюента В – вода:метанол 5:95 %. Ионсоединяющим агентом выступала смесь 0,001 М трибутиламин с 0,001 М раствором уксусной кислоты.

ВЭЖХ позволяет определить различные формы реактивных антрахиноновых красителей, в частности RB4. Однако методика такого анализа требует дорогостоящего аппаратного оформления и большого расхода реагентов.

1.3.2 Капиллярный электрофорез

Наряду с ВЭЖХ свое распространение для определения антрахиноновых красителей получил капиллярный электрофорез. Электрофорез – процесс, в

котором разделение заряженных молекул происходит за счет их движения через жидкость под действием электрического поля [10].

В капиллярном электрофорезе хорошее разделение антрахиноновых красителей обычно достигается в фосфатном или боратном буферном растворе в щелочной среде $pH=9,0$. В работе [11] использовали данный метод анализа с детектированием при помощи масс-спектропии и диодной матрицы.

В исследовании [12] использовали капиллярный электрофорез с последующим УФ-детектированием. Анализ проводился при $pH=8,5$ и при концентрации буфера $0,005$ М, в этом случае антрахиноновые красители проявляют себя как отрицательно заряженные ионы. В растворах с более низким pH наблюдалось сильное увеличение электрофоретической подвижности. А в электролитах, с увеличенной концентрацией фосфатного буфера, – увеличение площади пиков и улучшение разрешения.

Преимуществами капиллярного электрофореза являются высокая эффективность разделения, экспрессность, простота и низкая стоимость. Однако метод имеет невысокую чувствительность из-за малой длины оптического пути в капилляре.

1.3.3 Спектроскопия

Спектрофотометрический анализ считается одним из самых простых методов количественного определения красителя в объектах окружающей среды.

Спектрофотометрия – метод исследования спектров поглощения в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной области.

В ультрафиолетовой и видимой областях наблюдается несколько пиков поглощения RB4, как показано на рисунке 6

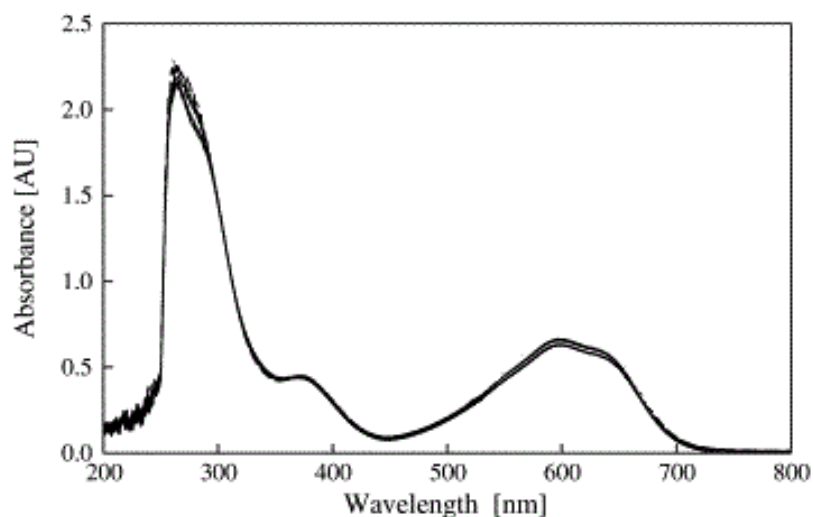


Рисунок 6 – Спектр поглощения RB4 в УФ/видимой области [13]

Пик в ультрафиолетовой области при значении длины волны 296 нм обусловлен наличием антрахиноновой группы, а второй пик в видимой области при 598 нм – хромофорным компонентом молекулы RB4 [14].

В работе [6] проводят определение RB4 при длине волны максимума поглощения. Изначально пробу центрифугируют в полипропиленовых пробирках и разбавляют деионизированной водой.

Также качественное определение красителя RB4 в объектах окружающей среды может проводиться с помощью ИК-спектров, что доказывает рисунок 7.

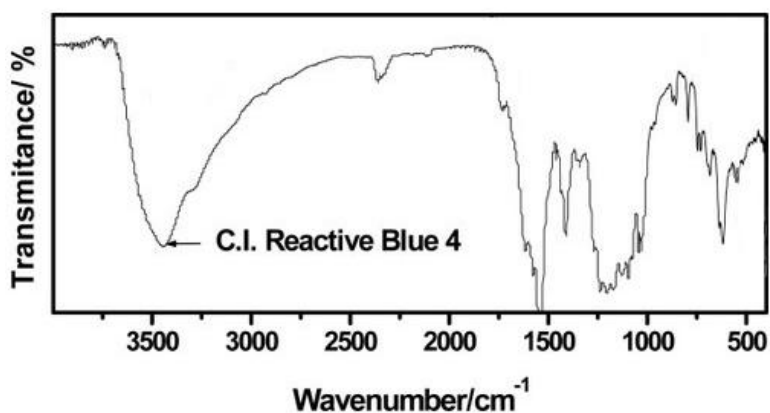


Рисунок 7 – ИК-спектр поглощения RB4 [15]

Исследование в области инфракрасной спектроскопии говорит нам о наличии следующих пиков: 3445, 1572, 1391, 1207 и 680 см^{-1} , что соответствует карбоксильной, гидроксильной, карбонильной, ароматической и хлортриазиновой группы красителя [15].

1.3.4 Электрохимические методы

Электрохимические методы определения, благодаря своей экспрессности, высокой чувствительности и простоте, набирают свою популярность, что доказывает рисунок 8.

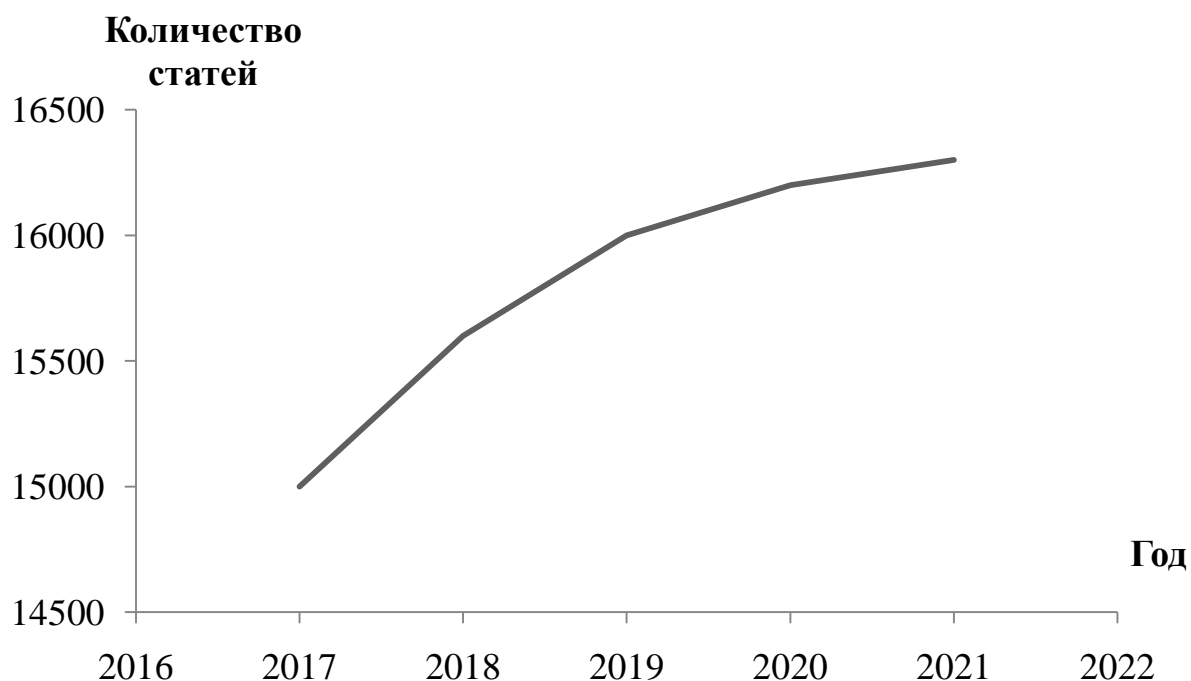


Рисунок 8 – Количество публикаций в области электрохимии по данным Google Scholar

Как видно из графика, количество публикаций по данной тематике за последние 5 лет заметно выросло.

Электрохимия включает в себя множество методов анализа:

- кондуктометрия;
- потенциометрия;
- кулонометрия;
- амперометрия;
- полярография;
- вольтамперометрия.

Одним из наиболее распространенных электроаналитических методов определения антрахиноновых красителей считается вольтамперометрия. Ее преимущества состоят в высокой селективности и чувствительности, экспрессности, возможности автоматизации, простоте и низкой стоимости.

Вольтамперометрия основана на определении зависимости силы тока от электрохимического потенциала. Анализ происходит в двух или трех электродной ячейке, из которых: 1 – рабочий электрод, 2 - вспомогательный, 3 – электрод сравнения.

В качестве вспомогательного и электрода сравнения наиболее часто используется хлоридсеребряный электрод, благодаря своей простоте и удобству в применении.

В качестве рабочего электрода используются:

- ртутно-капельный;
- стеклоуглеродный;
- амальгамный;
- углеродсодержащий;
- другие электроды.

В работе [16] определение антрахиноновых красителей проводят на ртутно-капельном электроде методом дифференциально-импульсной вольтамперометрии. Вольтамперометрический сигнал красителей, в том числе и RB4 получают в

ацетатном буферном растворе $pH=5$. Растворы дезоксигенируют перед проведением анализа барботированием газообразным азотом.

Главными преимуществами ртутно-капающего электрода являются: обновляемая поверхность, низкие пределы определения и перенапряжение выделения водорода. Также данный электрод имеет свои недостатки, такие как легкая окисляемость и сложность методики. Проблема использования ртутно-капельного электрода – токсичность, в связи с чем его использование в последнее время значительно сократилось.

Для определения различных соединений органической природы используют алмазные электроды, допированные бором [17]. Широкий диапазон рабочих потенциалов и анодная стабильность таких электродов позволяет использовать их для анализа сточных вод текстильной промышленности. Определение антрахиноновых красителей проводят в 1 М растворе серной кислоты. Сканирование вольтамперных характеристик RB4 для линейной развертки проводилось в условиях: потенциал накопления 0 В; время накопления 10 с; скорость развертки потенциала 50 мВ/с.

Не смотря на выше сказанное, допированные бором алмазные электроды не популярны из-за своей высокой стоимости, пассивации органическими соединениями и хрупкостью.

Одним из наиболее распространенных электродов для определения антрахиноновых красителей в объектах окружающей среды являются различные углеродсодержащие электроды. Это объясняется: широкой областью рабочих потенциалов, а также стабильностью и возможностью модификации поверхности.

Определение RB4 проводят на модифицированном СУЭ, при этом в каждой работе используются различные модификаторы и условия. Известные модификаторы, условия и диапазоны концентраций представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Электрохимические методы определения антрахиноновых красителей в объектах окружающей среды

Электрод	Модификатор	Фоновый электролит, рН	E_p , В (потенциал пика)	Линейный диапазон концентраций, М	Ссылка
Ртутно-капельный	-	Ацетатный буфер, рН=5,0	-0,8	$10^{-6} - 4 \cdot 10^{-4}$	[16]
	-	Ацетатный буфер, рН=4,5	-0,7	$10^{-7} - 4 \cdot 10^{-5}$	[18]
	-	Буфер Бриттона-Робинсона, рН=4,5	-0,4	$10^{-9} - 10^{-6}$	[19]
Алмазный	Допированный бором	Серная кислота, рН=2,0	0,7	0,0005 - 0,005	[17]
Платиновый	-	Водный раствор тетрабората натрия, рН=7,0	0,35	$7,86 \cdot 10^{-5}$	[20]

Продолжение таблицы 3

СУЭ	МУНТ	Бриттона-Робинсона, рН=4,0	0,75	-	[21]
	МУНТ	Фосфатный буфер, рН=7,0	0,65	$0,05 \cdot 10^{-6} - 25 \cdot 10^{-6}$	[22]
	Диоксид кремния	Водный раствор 0,5 М хлорида калия, рН-2,0	0,5	$22 \cdot 10^{-6} - 4 \cdot 10^{-4}$	[23]
	Полипиролл	Фосфатный буфер, рН=7,0	0,7	-	[24]

1.3.4.1 Применение нанотрубок в электроаналитической химии

В современной электроаналитической химии постоянно ведется поиск способов, позволяющих увеличивать площадь электроактивной поверхности и скорость переноса электронов, а также уменьшать пределы определяемых концентраций. Решением данной проблемы является модификация электрода.

Большое внимание исследователей привлекают наноматериалы на основе углерода [25]: углеродные нанотрубки; оксид графена; структурированные фуллерены и другие.

Самыми распространенными модификаторами электрода считаются многостенные и одностенные углеродные нанотрубки (УНТ). Данные материалы обладают отличными электрическими, механическими, а также оптическими свойствами [26].

Проблемой УНТ является их нерастворимость. Данной проблеме посвящено множество исследований и разработано большое количество методик.

Сами по себе углеродные нанотрубки изначально химически инертны и гидрофобны, что является причиной неэффективности практического использования. Однако для решения этого вопроса известно несколько способов изменения поверхности нанотрубок [27].

Одним из самых простых и популярных является ковалентное присоединение функциональных групп. Данный процесс состоит из множества стадий [28]: сначала навеску УНТ диспергируют в растворе серной и азотной кислот в соотношении 3:1; затем раствор подвергается ультразвуковой обработке в течение 6 часов. После этого суспензию центрифугируют, промывают до нейтрального значения рН и добавляют этанол, оставляют до полного высыхания. Функционализированные МУНТ диспергируют в растворителе, с помощью ультразвука. Полученную суспензию наносят на очищенную поверхность электрода и проводят определения.

Использование МУНТ позволяет увеличить электроактивную площадь поверхности электрода за счет увеличения количества токопроводящих частиц. Благодаря своим свойствам, а именно деформационной упругости, высокой точности и главное, отличными электронными свойствами [27].

Из проведенного литературного обзора видно, что для определения одного из экотоксикантов текстильного антрахинонового красителя RB4 используются такие методы как ВЭЖХ, спектрофотометрия, капиллярный электрофорез и вольтамперометрия. Однако каждая методика имеет свои преимущества и недостатки, что затрудняет их использование.

В данной работе в качестве метода количественного определения RB4 в объектах окружающей среды выбрана вольтамперометрия. Благодаря чувствительности, селективности, автоматизированности, а главное метод позволяет проводить определение низких содержаний красителя и не требуют больших затрат. Кроме того модификация поверхности электрода позволяет снизить предел обнаружения определяемого компонента.

2 Экспериментальная часть

2.1 Приборы, материалы, реактивы

Приборы.

Разработку методики количественного определения и изучение электрохимических свойств красителя проводили на вольтамперометрическом анализаторе ТА-2 (ООО «НПП Томьаналит», г. Томск, Россия), который подключается к персональному компьютеру.

Прибор позволяет проводить анализ объектов различной промышленности: пищевой, текстильной фармацевтической и многих других. Данные можно получить в форме постоянноточковой, дифференциально-импульсной, ступенчатой и квадратно-волновой развертки. При этом прибор работает в двух режимах простом и дифференциальном. Оснащенность ТА-2 позволяет проводить анализ 3 проб одновременно и перемешивать их за счет вибрации электродов.

Технические характеристики анализатора:

- воспроизводимость аналитических сигналов 10-15 %;
- время, затрачиваемое на проведение анализа трех подготовленных проб 5 - 30 мин;
- чувствительность $5 \cdot 10^{-11}$ А.

Исследования в области спектрофотометрии проводили на спектрофотометре Agilent Technologies Cary 60-UV-Vis. Диапазон длин волн данного прибора варьируется от 190 до 1100 нм, а максимальная скорость сканирования 2400 нм/мин. Точность установки длины волны $\pm 0,4$ нм, воспроизводимость $\pm 0,1$ нм, фотометрический диапазон 3,3 А.

Для варьирования рН использовали лабораторный рН-метр-150-М (Россия), предназначенный для измерения концентрации ионов водорода в растворе. Также прибор измеряет температуру растворов и окислительно-восстановительные потенциалы.

Для получения дистиллированной воды применяли «Аквадистиллятор ДЭ-4».

Взвешивание навесок необходимых реактивов и материалов проводили на аналитических весах общего назначения ВЛ-210 («Госметр», Россия) с погрешностью взвешивания $\pm 0,0002$ г.

Для диспергирования МУНТ использовали ультразвуковую ванну Dibeа DADI DA-968 максимальной мощностью 50 Ватт и рабочей частотой 40 кГц.

Для центрифугирования суспензии МУНТ в кислоте использовали центрифугу Centrifuge 5702 R (Eppendorf, Германия) со скоростью 4400 об/мин.

Проверка и подготовка приборов осуществлялась в соответствии с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации.

Электрохимические ячейки и электроды.

В качестве электрохимической ячейки использовали кварцевые стаканчики объемом 20 см³. В работе использовали два индикаторных электрода – СУЭ и УСЭ с обновляемой поверхностью. Электроды хранились на воздухе и перед анализом подвергались предварительной поляризации от +2 до -2 В, с помощью циклической вольтамперометрии в течение 10 мин.

УСЭ перед эксплуатацией обновлялся путем срезания поверхности толщиной 0,3-0,5 мм с помощью специального устройства, для обновления поверхности УСЭ (ООО «НПП Томьаналит», г. Томск, Россия).

В качестве вспомогательного и электрода сравнения использовали хлоридсеребряные электроды (ХСЭ). Они представляют собой полипропиленовый корпус, в который помещена серебряная проволока в виде спирали, покрытая хлоридом серебра. Перед применением корпус ХСЭ заполняют 1М раствором КСl.

Посуда.

В ходе исследования использовалась стеклянная посуда: мерные колбы вместимостью 50, 100, 1000 см³, а также дозаторы Ленпипет с переменным объемом 1-10 мкл, 20-200 мкл и 500-5000 мкл с погрешностью не более 0,5 %.

Чистота посуды перед началом исследования проверялась путем регистрации вольтамперограммы фонового электролита. При отсутствии пиков на циклических вольтамперограммах – посуда и фоновый электролит считались чистыми.

Реактивы.

В работе использовались следующие реактивы, материалы и стандартные вещества.

- 1,2 дихлорэтан (Sigma-Aldrich, США);
- RB4 (Alfa Aesar, Великобритания);
- МУНТ (Sigma-Aldrich, США);
- калий хлористый, х.ч. (ОАО «Уралкалий», Россия);
- уксусная кислота, х.ч. (Реахим, Россия);
- натрий гидроокись, х.ч. (Лабтех, Россия);
- фосфатный буферный раствор pH=6,86, х.ч. (Реахим, Россия);
- натрия сульфит (Лабтех, Россия);
- диметилформамид (Реахим, Россия);
- борная кислота, х.ч. (Лабтех, Россия);
- додецилсульфат натрия (Sigma-Aldrich, США);
- этанол (Реахим, Россия);
- офртофосфорная кислота, х.ч. (Реахим, Россия);
- серная кислота (Сигматех, Россия);
- азотная кислота (Реахим, Россия).

2.2 Методика приготовления модификатора

Для приготовления модификатора берут навеску МУНТ 2 мг и переносят в пробирку. Готовят смесь концентрированных азотной и серной кислот, в соотношении 3:1, для этого смешивают 3 мл азотной и 1 мл серной кислоты.

В пробирку с МУНТ добавляют 2 мл раствора смеси кислот, пробирку плотно закрывают и помещают в ультразвуковую ванну мощностью 50 Ватт на 1 час. После этого полученную суспензию центрифугируют в течение 1 часа при скорости 4400 об/мин.

Далее промывают МУНТ дистиллированной водой до нейтрального значения рН. Затем добавляют в пробирку 1 мл этанола для ускорения процесса высыхания суспензии.

В пробирку с высушенными функционализированными МУНТ добавляют 2 мл растворителя 1,2-дихлорэтана, плотно закрывают и помещают в ультразвуковую ванну мощностью 50 Ватт на 1 час.

20 мкл приготовленной суспензии наносят на электрод с предварительно обновленной поверхностью.

2.3 Методика эксперимента

Вольтамперометрическое определение.

Собирают электрохимическую ячейку, состоящую из модифицированного МУНТ индикаторного УСЭ и двух ХСЭ, использующихся в качестве вспомогательного и электрода сравнения.

Первым этапом проводят активацию модифицированного электрода. Для этого в электрохимическую ячейку вносят 10 см³ 0,05 М раствора серной кислоты. Снимают циклическую вольтамперограмму при потенциале накопления 1,1 В и времени 80 с. Далее производят замену ячейки на рабочую с фоновым электролитом.

В электрохимическую ячейку вносят 10 см³ фосфатного буферного раствора рН=6,86. Проводят не менее трех регистраций вольтамперограмм фонового электролита при следующих условиях: рабочий диапазон потенциалов от 0,4 до 1,4 В; время накопления 20 с; потенциал накопления -0,5 В; время успокоения 10 с; скорость сканирования 100 мВ/с.

После подтверждения чистоты фонового электролита в электрохимическую ячейку дозатором вносят определенный объем исследуемого раствора и снимают вольтамперограммы анализируемого красителя.

Спектрофотометрическое определение.

Для спектрофотометрического определения готовят растворы красителя в концентрации 10^{-5} М и снимают спектральные характеристики для определения длины волны максимума поглощения. Затем при выбранной длине волны проводят измерение оптической плотности растворов с концентрациями от $1 \cdot 10^{-5}$ до $1,3 \cdot 10^{-6}$ М для построения градуировочной зависимости. После этого проводят измерение оптической плотности объекта окружающей среды с неизвестной концентрацией исследуемого красителя.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В современном мире текстильная промышленность занимает лидирующее положение, так как потребность в одежде является одной из самых главных потребностей в жизни человека. Использование красителей в данной отрасли необходимо для придания яркости и красоты тканям, пряже и одежде.

Главной проблемой текстильной промышленности является загрязнение сточных вод отходами производства. В объекты окружающей среды могут попадать красители и различные закрепители красителей.

Реактивный синий 4 (RB4) – один из красителей, многократно использующихся в текстильной промышленности.

Целью данной работы является разработка методики для количественного определения текстильного красителя Reactive blue 4 (RB4) в водных экосистемах.

Однако в настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

В данном разделе производится учет всех технико-экономических факторов на каждой стадии проектирования, оценивается, будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и так далее. Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследования, а также определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов разработанной методики могут являться текстильные, химические и медицинские производства, а также предприятия, работающие в сфере водоочистки и экологического контроля.

В зависимости от потребительских предпочтений к данной разработке, проведена сегментация потребителей и представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Карта сегментирования рынка покупателей

Критерий	Лояльные клиенты	Непостоянные клиенты	Индифферентные клиенты
Размер бизнеса			
Крупный			
Средний			
Мелкий			
География бизнеса			
Прибрежное расположение			
Вдали от водных экосистем			
Знакомство с токсикологическими свойствами производства			
Высокое знание			
Низкое знание			
Отношение к товару			
Доверяют			
Не доверяют			

Следуя из таблицы, можно сделать вывод о том, что данный объект исследования является широкопрофильным товаром и пользуется большим спросом на мировом рынке.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Так как данные, полученные в ходе исследования электрохимических свойств красителя Реактивного синего 4, будут использоваться в дальнейшей разработке методики определения RB4, то целесообразно проводить анализ конкурентных технических решений для методов его определения. Данный анализ произведен с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 7.

Где:

- предложенная методика: использование стеклоуглеродных электродов, модифицированных многослойными углеродными нанотрубками для определения RB4;
- конкурент №1: использование хроматографических методов для определения RB4;
- конкурент №2: использование капиллярного электрофореза для определения RB4.

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Чувствительность	0,2	5	5	3	1	1	0,6
2. Простота методики	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
3. Экспрессность	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
4. Простота аппаратного оформления	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
5. Безопасность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Срок эксплуатации	0,2	4	3	4	0,8	0,6	0,8
7. Стоимость оборудования	0,2	4	3	3	0,8	0,6	0,6
Итого	1	32	24	25	4,5	3,5	3,5

Из таблицы 7 видно, что научная разработка, описываемая в данной работе, является конкурентоспособной.

4.1.3 SWOT-анализ

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

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 данного этапа SWOT-анализа представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Первый этап SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Простота эксплуатации оборудования; С2. Высокая чувствительность оборудования;	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Большая стоимость аппаратуры для исследования Сл2. Отсутствие необходимого оборудования и реагентов на кафедре НИ ТПУ
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Использование разработки в промышленных масштабах; В3. Повышение стоимости конкурентных разработок		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования		

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

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивные матрицы проекта. Их использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Примеры интерактивных матриц представлены в таблицах 9, 10, 11, 12.

Таблица 9 - Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта			
		С1	С2
Возможности проекта	В1	+	+
	В2	+	+
	В3	+	-

Таблица 10 - Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта			
		Сл1	Сл2
Возможности проекта	В1	+	-
	В2	+	-
	В3	-	-

Таблица 11 - Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта			
		С1	С2
Угрозы проекта	У1	-	-
	У2	-	-
	У3	-	-

Таблица 12 - Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	-	-
	У2	-	-
	У3	+	+

Таким образом, в рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа и представлена в таблице 13.

Таблица 13 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Простота эксплуатации оборудования;</p> <p>С2. Высокая чувствительность оборудования;</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Большая стоимость аппаратуры для исследования</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования и реагентов на кафедре НИ ТПУ</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Использование разработки в промышленных масштабах;</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Уникальные свойства разработки позволяют ей занять лидирующие позиции на рынке. Разработанная методика может быть применена для количественного определения RB4 в научно-исследовательских лабораториях и на производственных предприятиях.</p>	<p>Организация финансового обеспечения научного исследования за счет грантовых мероприятий и финансирования НИ ТПУ.</p>

Продолжение таблицы 13

<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования</p>	<p>Продвижение исследования с целью создания спроса. Нарботка и укрепление конкурентных преимуществ методики определения красителя. Организация финансового обеспечения научного исследования.</p>	<p>Следует выработать маркетинговую стратегию в области продвижения разработки на рынок. Введение систем совершенствования разработки: использование аналогового оборудования.</p>
---	--	--

Из интерактивной матрицы видно, что необходимо уделить больше внимания на сильные стороны проекта и довести их до совершенства, так как они сходятся сразу со всеми возможностями. Что касается слабых сторон проекта, то необходимо приложить усилия для увеличения функциональности системы и повышения её универсальности, потому что, исходя из интерактивной матрицы, эти слабости соответствуют большему числу угроз.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ.

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 14.

Таблица 14 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, бакалавр,
	3	Патентный обзор литературы	Бакалавр
	4	Ознакомление с экспериментальными данными и выбор направления исследований	Научный руководитель, бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение лабораторных анализов	Бакалавр
	7	Проведение расчетов и их обоснование на основании экспериментальных данных	Бакалавр
	8	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	Научный руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, бакалавр
	10	Определение целесообразности проведения ВКР	Научный руководитель, Бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Оценка эффективности применения анализа	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	12	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	13	Составление пояснительной записки	Бакалавр

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Одной из частей суммарной стоимости разработки являются трудовые затраты, для ее подсчета необходимо для каждого участника научного исследования определить трудоемкость работ.

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

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (2)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Результаты расчётов представлены в таблице 15.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

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 этапа работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

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.

В свою очередь коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

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 примем 52 и 14 соответственно.

Тогда Коэффициент календарности составит:

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

Календарный план-график проведения научного исследования по разработке методики количественного определения красителя RB4 представлен в таблице 16.

Таблица 15 - Временные показатели проведения научного исследования:

Р – научный руководитель; Б – бакалавр; К¹ – консультант по экономической части; К² – консультант по социальной ответственности.

№	Название работ	Трудоемкость работ			Исполнитель	T _{рi} , раб. дни	T _{кi} , кал. дни
		t _{min} , чел- дни	t _{max} , чел- дни	t _{ожi} , чел- дни			
1	Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	Р	1,4	2
		1	2	1,4	Б	1,4	2
		1	2	1,4	К ¹	1,4	2
		1	2	1,4	К ²	1,4	2
2	Ознакомление с экспериментальными данными и выбор направления исследований	3	5	3,8	Р	3,8	5
		5	7	5,8	Б	5,8	7
3	Подбор и ознакомление с материалами по теме	3	5	3,8	Р	3,8	5
		3	7	4,6	Б	4,6	6
4	Патентный обзор литературы	7	10	8,2	Б	8,2	10
5	Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	Р	1,8	3
		1	3	1,8	Б	1,8	3
6	Проведение лабораторных анализов	14	21	16,8	Б	16,8	21
7	Проведение расчетов и их обоснование на основании экспериментальных данных	3	4	3,4	Б	3,4	5
8	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	2	3	2,4	Р	2,4	3
		2	7	4	Б	4	5

Продолжение таблицы 15

9	Оценка эффективности полученных результатов	2	4	2,8	Р	2,8	4
		4	7	5,2	Б	5,2	7
10	Определение целесообразности проведения ВКР	3	5	3,8	Р	3,8	5
		3	5	3,8	Б	3,8	5
11	Оценка эффективности применения анализа	5	10	7	К ¹	7	9
		5	10	7	Б	7	9
12	Разработка социальной ответственности по теме	3	8	5	К ²	5	7
		3	8	5	Б	5	7
13	Составление пояснительной записки	25	30	27	Б	27	33
Итого						94	120

Таблица 16 - Календарный план-график проведения научного исследования

Вид работы	Исполнители	T _к , кал. дн	Продолжительность выполнения работ												
			февраль			март			апрель			май			
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель,	2													
	консультант	2													
	ЭЧ, СО,	2													
	бакалавр	2													
Ознакомление с экспериментальным и данными и выбор направления исследований	Научный руководитель,	5													
	бакалавр	7													
Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель,	5													
	бакалавр	6													
Патентный обзор литературы	Бакалавр	10													

Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель,	3												
	бакалавр	3												
Проведение лабораторных анализов	Бакалавр	21												
Проведение расчётов и их обоснование на основании экспериментальных данных	Бакалавр	5												
Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	Научный руководитель,	3												
	бакалавр	5												

Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель,	4												
	бакалавр	7												
Определение целесообразности проведения ВКР	Научный руководитель,	5												
	бакалавр	5												
Оценка эффективности применения анализа	Бакалавр, консультант	9												
	по ЭЧ	9												
Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант	7												
	по СО	7												
Составление пояснительной записки	Бакалавр	33												

Условные обозначения в таблице

Научный руководитель	Бакалавр	Консультант по ЭЧ	Консультант по СО

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

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 на мерную посуду, материалы и реактивы для данного исследования представлены в таблице 17, 18.

Расчёт материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (6)$$

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

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

$Ц_i$ – 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.

Таблица 17 – Материальные затраты исследования

Наименование	Ед.изм.	Количество	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Мерные колбы лабораторные стеклянные объёмом:	шт			
– 50 см ³ ;		6	200	1200
– 100 см ³ ;		1	230	230
– 1000 см ³ .		1	450	450
Стаканы лабораторные стеклянные объёмом:	шт			
– 50 см ³ ;		10	40	400
– 100 см ³ ;		2	50	100
– 250 см ³ .		2	70	140
Воронка лабораторная стеклянная с диаметрами:	шт			
– 25 мм;		1	60	60
– 100 мм.		1	180	180
Фильтры «Синяя лента»	уп	1	30	30
Пробирки химические	шт	8	20	160
Фосфатный буфер	ампула	1	180	180
Серная кислота	кг	0,1	500	50
Реактивный синий 4	кг	0,005	64700	324

Продолжение таблицы 17

Многостенные углеродные нанотрубки	кг	0,0005	436300	218
Калий хлористый	кг	0,01	1490	15
Этиловый спирт	кг	0,1	1200	120
1,2-дихлорэтан	кг	0,02	15850	317
Натрия сульфит	кг	0,01	390	39
Диметилформамид	кг	0,01	700	70
Додецилсульфат натрия	кг	0,005	6450	32
Азотная кислота	кг	0,1	3700	370
Транспортные расходы (5%)				235
Итого				4920

4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для НТИ

Для оборудования необходимо рассчитать величину амортизации по следующей формуле:

$$A = \frac{C_{\text{перв}} \cdot N_a \cdot a}{100 \cdot 12}, \quad (7)$$

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

N_a – норма амортизации, %;

a – срок работы, месяц.

Норма амортизации:

$$N_a = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где T – срок эксплуатации, год.

Затраты на оборудование для данного исследования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Затраты на оборудование

Наименование оборудования	Кол-во единиц, шт.	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.	Срок эксплуатации, лет	Амортизация годовая, руб.	Время использования оборудования, месяц	Амортизация, руб
Спектрофотометр «Agilent Cary 600» (Германия)	1	570 000	570 000	10	57000	4	19000
Вольтамперометрическом анализаторе ТА-2 (ООО «НПП Томьаналит», Россия)	1	165000	165000	5	33000	4	11000
Дистиллятор для приготовления воды очищенной (Россия, ЧЗБТ)	1	92500	92500	10	9250	4	3083
Весы аналитические ACCULAB ALC 210 (класс точности 0,0001г, Россия)	1	51600	51600	7	7371	4	2460
Итого			879100		106621		35543

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья заработной платы исполнителей темы включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (9)$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (10)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 16).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\partial}}, \quad (11)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года ($M=10,1$ месяца, 6-дневная рабочая неделя, при отпуске в 56 раб.дня);

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

В таблице 19 приведен баланс рабочего времени каждого работника ВКР.

Таблица 19 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Бакалавр	Консультант по ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	365			
Количество нерабочих дней: – Выходные дни – Праздничные дни	66	66	66	66
Потери рабочего времени: – Отпуск – Невыходы по болезни	56	28	56	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	271	243	243

Месячный оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр}) \cdot k_p, \quad (12)$$

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

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

k_p – районный коэффициент (для Томска $k_p = 1,3$).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 20.

Таблица 20 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Должность	$Z_{тс}$, руб	$k_{пр}$	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб
Научный руководитель	Доцент, кандидат наук	37700	0,3	1,3	63713	2648,15	19,8	52433,37
Бакалавр	-	19200	0,3	1,3	32448	1317,08	94	123805,52
Консультант по ЭЧ	Доцент, кандидат наук	37700	0,3	1,3	63713	2648,15	8,4	22244,46
Консультант по СО	Старший преподава тель	27132	0,3	1,3	45853	1905,82	6,4	12197,24
Итого								210680,59

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot k_{доп}, \quad (13)$$

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 21.

Таблица 21- Общая заработная плата исполнителей

Заработная плата	Научный руководитель	Консультант по ЭЧ	Консультант по СО	Бакалавр
Основная	52433,37	22244,46	12197,24	123805,52
Дополнительная	7865,01	3336,67	1829,59	18570,83
Итого	60298,38	25581,13	14026,83	142376,35

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды отражают обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина этих отчислений определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{доп}} + Z_{\text{осн}}), \quad (14)$$

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

Общий совокупный тариф отчислений составляет 30 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 22.

Таблица 22 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	52433,37	7865,01
Бакалавр	123805,52	18570,83
Консультант по ЭЧ	22244,46	3336,67
Консультант СО	12197,24	1829,59

Продолжение таблицы 22

Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3
Итого:	
Научный руководитель	18089,51
Бакалавр	42712,91
Консультант по ЭЧ	7674,34
Консультант по СО	4208,05

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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (15)$$

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

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

4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

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

Определение бюджета затрат на ВКР по теме: «Разработка методики вольтамперометрического определения антрахинонового красителя Реактивного Синего 4» представлено в таблице 23.

Таблица 23 - Расчет бюджета затрат НИИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1	Материальные затраты	4920	Таблица 17
2	Затраты на оборудование	35543	Таблица 18
3	Основная заработная плата исполнителей	210680,59	Таблица 20
4	Дополнительная заработная плата исполнителей	31602,10	Таблица 21
5	Отчисления во внебюджетные фонды	72684,81	Таблица 22
6	Накладные расходы	45239,31	16% от статей 1-4
7	Бюджет затрат исследования	400669,81	Сумма статей 1-6

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (16)$$

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

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

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

Результаты расчета приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет интегрального финансового показателя

№ исп.	Стоимость исполнения	Максимальная стоимость исполнения	Интегральный финансовый показатель
1	400669,81	400669,81	1
2	384643,02		0,96

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки 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).

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

$$I_{pi} = \sum a_i b_i, \quad (17)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 25.

Таблица 25 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения научно-технического проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Электро-химический метод Исп. 1	Спектроскопический метод Исп. 2
1. Чувствительность	0,25	5	3
2. Простота методики	0,15	4	5
3. Экспрессность	0,15	4	4
4. Простота аппаратного оформления	0,25	5	4
5. Безопасность	0,20	4	4
Итого	1	4,5	3,9

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,20 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,20 = 3,9.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

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

Сравнение интегрального показателя эффективности, вариантов исполнения разработки позволяет определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}}$$

Результаты расчета приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,96
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,50	3,90
3	Интегральный показатель эффективности	4,50	4,06
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,11

Вывод по разделу

В разделе проведен комплексный анализ проводимой исследовательской работы. Определена конкурентоспособность разработки, установлен объем затрат по каждой из статей, а также общий объем затрат. На основании Таблицы 26, приведенной в разделе, можно сделать вывод о том, что была создана конкурентоспособная разработка (Исп.1), отвечающая необходимым современным критериям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения для успешной реализации проекта.

5 Социальная ответственность

В современном мире текстильная промышленность занимает лидирующее положение, так как потребность в одежде является одной из самых главных потребностей в жизни человека. Использование красителей в данной отрасли необходимо для придания яркости и красоты тканям, пряже и одежде.

Главной проблемой текстильной промышленности является загрязнение сточных вод отходами производства. В объекты окружающей среды могут попадать красители и различные закрепители красителей.

Реактивный синий 4 (RB4) – один из красителей, многократно использующихся в текстильной промышленности.

Целью данной работы является разработка методики количественного определения текстильного синтетического красителя Reactive blue 4 (RB4) на модифицированном электроде путем изучения электрохимических свойств.

Одной из важнейших частей исследовательской работы являются эксперименты, которые проводятся в лабораторных условиях. Основная работа основана на использовании двух установок лабораторного контроля: спектрофотометр Agilent Technologies Cary 60-UV-Vis и вольтамперметрический анализатор ГА-2, подключенные к персональному компьютеру.

Данные установки не требуют большого количества обслуживающего персонала, т.к. число регулируемых параметров невелико. Однако регулирование этих параметров предполагает непосредственное нахождение рабочего около основной установки, к тому же всегда есть вероятность аварийной ситуации, поэтому в ходе решения поставленных в работе задач необходимо выполнять требования безопасности и применять обязательные меры предосторожности и защиты.

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 проектируемой рабочей нормы) правовые нормы трудового законодательства

Основные правовые гарантии в части обеспечения производственной безопасности регламентирует Трудовой кодекс Российской Федерации [31].

Согласно данному документу, режим рабочего времени определяется с учётом особенностей проводимой работы. В данном случае наиболее эффективным будет являться режим гибкого рабочего времени, при котором начало, окончание или общая продолжительность смены определяется по соглашению работника и работодателя [31].

К работе в лабораторном помещении допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование для решения вопроса о возможности работы в лаборатории.

При проведении исследований лаборант может быть подвержен действию опасных, вредных реагентов, оказывающих негативное воздействие на организм человека. С целью предотвращения данного фактора, каждому сотруднику выдается комплект средств индивидуальной защиты.

Опасные условия труда отрицательно влияют на состояние здоровья и работоспособность сотрудников. В зависимости от класса опасности проводимой

работы, работодатель обязан выплачивать работнику повышенную заработную плату, в соответствии с Трудовым кодексом РФ. Также возможно предоставление дополнительного оплачиваемого отпуска и досрочное назначение трудовой пенсии [31].

5.1.2 Организационные предприятия при 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 [32,33].

К организационным мероприятиям при компоновке рабочей зоны в лаборатории относят:

- наличие естественного и искусственного освещения, в соответствии с требованием СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» [33];
- поддержание температуры воздуха в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений" [34];
- 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];
- полы должны быть покрыты линолеумом или резином, 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 комплекта СИЗ: спецодежда, перчатки, обувь и др.

Рабочее место сотрудника аудитории 223, 2 корпуса ТПУ соответствует требованиям [32,33].

5.2 Производственная безопасность

Выполнение научно-исследовательской работы требует четкого соблюдения правил по охране труда и технике безопасности, так как осуществляется работа с химическими реактивами, нагревательными приборами и оборудованием под напряжением.

5.2.1 Анализ потенциально вредных и опасных факторов

При исследовании электрохимических свойств RB4 и разработки методики его количественного определения возможно возникновение опасных и вредных факторов, которые оказывают отрицательное влияние на здоровье сотрудников. В таблице 27 рассмотрены возможные негативные факторы [37].

Таблица 27 – Возможные опасные и вредные факторы при исследовании

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата [35]	+	+	-	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. Повышенный уровень шума [38,39]	+	+	-	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны [34]	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
4. Работа с химическими веществами [41]	+	+	-	ГОСТ 12.1.007-76 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
5. Электроопасность [45,46]	+	+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ПУЭ Общие правила. Заземление и защитные меры электробезопасности.
6.Повышенный уровень напряженности электростатического и электромагнитного полей [45,46]	+	+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ПУЭ Общие правила. Заземление и защитные меры электробезопасности.

Продолжение таблицы 27

7. Пожаровзрывоопасность [47]	+	+	+	ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
----------------------------------	---	---	---	---

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 223, 2 корпуса НИ ТПУ, описанных выше.

Микроклимат в аналитической лаборатории.

Рассмотрим мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных факторов, при работе в аудитории 223, 2 корпуса НИ ТПУ, описанных выше.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Оптимальные и допустимые показатели параметров микроклимата, приведенные в таблице 28, контролируются согласно соответствующему нормативному документу [35].

Таблица 28 – Допустимые показатели параметров микроклимата в аналитической лаборатории

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 общеобменной и местной вентиляции позволяет поддерживать требуемые параметры микроклимата. Она подаёт чистый воздух и удаляет загрязненный воздух из рабочей зоны.

Микроклимат в лаборатории соответствует Па (175-232) категории работ по уровню энергозатрат, Вт. Температура воздуха 20 °С, температура поверхностей 21 °С, относительная влажность – 53 %, скорость движения воздуха 0,16 м/с.

При соблюдении данных показателей перепад температуры воздуха по высоте рабочей зоны не превышал более 3 °С, по горизонтали - не более 5 °С. Для создания благоприятного микроклимата лаборатория снабжена системой отопления от охлаждения, а в теплый период года - жалюзи, от попадания прямых солнечных лучей.

Согласно [35] микроклимат аудитории 223, 2 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

Повышенный уровень шума в аналитической лаборатории.

Производственные процессы в химической лаборатории сопровождаются шумом.

Воздействие шума длительное время приводит к снижению остроты слуха, повышению кровяного давления, утомлению центральной нервной системы, ослаблению внимания, увеличению количества ошибок в действиях рабочего, снижению производительности труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться причиной несчастного случая.

Для химической лаборатории характерны следующие виды шумов:

- механический шум (при трении, биении узлов и деталей – делительных воронок, механической мешалки);
- аэрогидродинамический шум (возникает в аппаратах при больших скоростях движения газа или жидкости и при резких направлениях их движения и давления).

Главные санитарные нормы уровня шума на рабочих местах следующие – это 80 дБА. Максимальные уровни звука А, измеренные с временными коррекциями S и I, не должны превышать 110 дБА и 125 дБА соответственно. А пиковый уровень звука С не должен превышать 137 дБС [38].

В качестве средств индивидуальной защиты для органов слуха от шума и вибрации применяются наушники, беруши. Наушники понижают негативное воздействие в диапазоне от 7 до 38 дБ с частотой от 125 до 8000 Гц. Вкладыши (беруши) закрывают слуховой проход. Этот вид защиты дешев, компактен и применим ко многим ситуациям, но не всегда результативен, так как снижает уровень негативного воздействия всего на 5 – 20 дБ.

Согласно [38] уровень шума в аудитории 223, 2 корпуса ТПУ не более 80 дБА и соответствует нормам.

Недостаточная освещенность рабочей зоны.

В аудитории 223, 2 корпуса ТПУ имеется освещенность на поверхности стола, в рабочей зоне равна 300 - 500 лк. Освещение не создает бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не более 300 лк. Нормированная минимальная освещенность по стандарту DIN 5035 составляет 15 лк и допустима для ориентации в пространстве. Установленная минимальная освещенность для длительного пребывания людей составляет 120 лк. Средняя освещенность на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должна быть не менее 200 лк.

Искусственное освещение помогает избежать многих недостатков, характерных для естественного освещения, и обеспечить оптимальный световой режим [40].

Для снижения улучшения условий труда, в лаборатории, где проводилось исследование, используется комбинированная система освещения, то есть общее искусственное и местное освещение.

Согласно [40] освещенность в аудитории 223, 2 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

Работа с химическими веществами.

При разработки методики количественного определения RB4 используются химические реактивы. Так при активации электродов использовалась концентрированная азотная и серная кислоты. Для нанесения модификатора на электрод использовался 1,2-дихлортан.

Пары 1,2-дихлортана оказывают токсическое действие на организм человека. При попадании на кожу кислоты могут возникнуть химические ожоги. При работе с химическими реагентами необходимо работать под вытяжным

шкафом, использовать защитную одежду (халат), средства защиты рук (перчатки), а также средства защиты глаз, лица и органов дыхания.

Согласно [40] используемые вещества можно отнести к высокоопасным веществам. В таблице 29 представлены характеристики данных веществ.

Таблица 29 – Характеристика используемых химических веществ [42,43,44]

Наименование	Описание	Класс опасности	Величина ПДК (мг/м ³)	Действие на организм человека
1,2-дихлорэтан	Бесцветная прозрачная жидкость со «сладковатым» запахом	2	1	Негативно влияет на работу ЦНС, печени, почек и сердечной мышцы.
Азотная кислота	Бесцветная, прозрачная, жидкость, «дымящаяся» на воздухе	3	0,4	При попадании на кожу вызывает сильные ожоги. Пары раздражают слизистые оболочки и дыхательные пути.
Серная кислота	Тяжёлая маслянистая жидкость без цвета и запаха, с сильноокислым «медным» вкусом	2	1	Поражает дыхательные пути, слизистые оболочки и кожу, пары вызывают раздражение и ожог слизистых.

При работе в химической лаборатории необходимо соблюдать требования к технике безопасности [41]:

1. Перед тем как приступить к работе, сотрудники должны осмотреть и привести в порядок рабочее место.

2. Приступая к работе, проверяется исправность оборудования.

3. Проводить работу с ядовитыми и едкими веществами, а также с органическими растворителями только в вытяжном шкафу.

4. Работы, при которых возможно повышение давления, перегрев стеклянного прибора или его поломка с разбрызгиванием горячих или едких продуктов, также выполняются в вытяжных шкафах. Работающий должен надеть защитные очки (маску), перчатки и фартук.

5. Работа в вытяжном шкафу проводится так, чтобы в шкафу находились только руки, наблюдение за процессом осуществляется через шкаф, для этого створки шкафа поднимают на высоту не более 30 см.

6. Приготовление химических растворов с выделением тепла проводится в фарфоровой или термостойкой емкости.

7. Во избежание ожогов, поражений от брызг и выбросов нельзя наклоняться над посудой, в которой кипит какая-либо жидкость.

При работе в лаборатории используются следующие средства индивидуальной защиты:

- халат (при любых работах в лаборатории);
- перчатки из химически стойких материалов (при работе с веществами и реагентами);
- защитные очки (при необходимости);
- респиратор (при необходимости);
- маска (при необходимости).

ПДК химических веществ, используемых на рабочем месте в аудитории 223 2 корпуса ТПУ, соответствуют допустимым нормам [42, 43,44].

Электроопасность.

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место с ЭВМ в аудитории 223 2 корпуса ТПУ, оборудование оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [45]. По опасности поражения электрическим током помещение 223 2 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%) [46].

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются:

- прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
- прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением;
- ошибочное включение электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала;
- поражение шаговым напряжением и др.

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются:

- защитное зануление;
- автоматическое отключение питания;
- устройства защитного отключения;
- изолирующие электрозащитные средства;
- знаки и плакаты безопасности.

Для предупреждения возможного поражения электрическим током работника необходимо соблюдать основные правила [45]:

- все электрические провода, идущие от распределительных щитов и на рабочие места, должны быть надежно изолированы и защищены от механических повреждений;

- применение защитных ограждений (временных или стационарных);
- безопасное расположение токоведущих частей;
- использование знаков безопасности;
- применение средств индивидуальной защиты;
- соблюдение мер личной безопасности.

Электроустановки в аудитории 223 2 корпуса ТПУ выполнены в соответствии с требованиями ПУЭ. Наличие средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. Также в целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности.

Повышенный уровень напряженности электростатического и электромагнитного полей.

Допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП) в аудитории 223 2 корпуса ТПУ, создаваемых ЭВМ, не должны превышать значений, представленных в таблице 30.

Таблица 30 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ [46]

Наименование параметров	Диапазон	ДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25нТл
Напряженность электростатического поля	-	15кВ/м

Уровни ЭМП, ЭСП на рабочем месте в аудитории 223, 2 корпуса ТПУ, перечисленные в таблице 30, соответствуют нормам [46].

Пожаровзрывоопасность.

Согласно [47] аналитическая лаборатория для проведения физико-химических исследований 2 корпуса 223 аудитории относится к пожароопасным помещениям группы В1, так как там имеются горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы.

Противопожарные меры не исключают возможность неправильной организации проведения огневых работ, небрежных действий персонала.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения;
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для предупреждения пожаров необходимо проводить следующий комплекс мероприятий [47]:

- проведение осмотра оборудования и электрических цепей;
- осторожное и бережное обращение с оборудованием;
- наличие первичных средств пожаротушения;

- при работе с нагревательными приборами исключить вблизи них наличие легковоспламеняющихся и горючих веществ.

Аудитория 223, 2 корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3 1шт. (предназначенными для тушения любых материалов, предметов и веществ). Типы огнетушителей используемые при пожаре представлены в таблице 31. Применяются для тушения ПК и оргтехники (класс - E); твердых веществ и материалов (класс – A).

Таблица 31 – Типы используемых огнетушителей при пожаре

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	Порошковый (серии ОП)
До 10,0	Углекислотный (серии ОУ)

5.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

5.3.1 Анализ влияния процесса исследования на атмосферу

Вредное воздействие могут оказывать выбросы вредных веществ при выполнении работ через вентиляционную систему. С целью охраны воздушного бассейна все работы должны проводиться в вытяжном шкафу при включенной вентиляции и обеспечении герметичности тары и установки. Так как в условиях лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то для очистки достаточно использование

адсорбционного фильтра. Для этого в лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки, поверх которых уложен слой адсорбента. В качестве адсорбента наиболее часто используют активированный уголь. Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, очищается от вредных газов и паров.

5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на гидросферу

Для минимизации негативного влияния токсичных веществ на гидросферу необходимо также проводить отдельный сбор органических и неорганических отходов. Для этих целей каждый вид отходов собирается в отдельную для каждого вида тару, затем подвергается нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой. Отработанные органические сливы собираются в специальную герметически закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию

5.3.3 Анализ влияния процесса исследования на литосферу

В лаборатории существуют твердые отходы в виде бытового мусора, который выбрасывается в урну. Твердые отходы подлежат обезвреживанию методом стерилизации и выбрасываются в мусорный контейнер.

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 [48].

Классификация ЧС [48]:

- 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 могут возникнуть несколько видов чрезвычайной ситуации:

- замыкание проводки, которое может стать причиной возгорания;
- неисправность оборудования;
- пролив токсичных жидкостей вне вытяжного шкафа;
- 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.

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

Мероприятия по предотвращению ЧС представляют собой проведение спасательных работ и неотложных аварийно-восстановительных работ в очаге поражения земли [48].

Для уменьшения потенциальных опасностей лабораторные помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства противопожарной безопасности [47,49].

Перед началом работ проводится инструктаж работника по требованиям безопасности труда. Для избежания любых ЧС необходимо строгое соблюдение правил техники безопасности.

Некоторые этапы работы подразумевают взаимодействие с электрическими приборами, и присутствует вероятность их короткого замыкания и последующего возгорания. Если прибор не соответствует требованиям прилагаемой инструкции или имеет неисправности, то дальнейшее его использование строго запрещено, так как это может стать причиной возгорания. Работу можно будет возобновить только после устранения всех неполадок. После окончания работ с электрооборудованием, его нужно отключить и обесточить.

Перед уходом из аналитической лаборатории необходимо закрыть все окна, отключить электрооборудование, выключить освещение и убедиться, что отсутствуют потенциальные источники возгорания.

Сотрудники лаборатории, заметившие признаки горения, задымления или непосредственно пожара, должны принять следующие меры:

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

При отравлении парами 1,2-дихлорэтана необходимо вывести пострадавшего на свежий воздух, при необходимости провести искусственное дыхание, а также дать ему 30 капель кордиамина или 0,5 г камфоры [42].

При химическом ожоге азотной и серной кислотами необходимо промыть место поражения холодной проточной водой в течение 20-30 минут и затем использовать 3%-ный щелочной раствор (например, раствор пищевой соды). Последним этапом является наложение асептической повязки или смоченной тем же щелочным раствором [43,44].

Вывод по разделу

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены вопросы обеспечения безопасности и охраны труда, связанные с работой в аналитической лаборатории, произведен анализ опасных и вредных факторов и обоснованы мероприятия по защите сотрудников от их действия. Также был проведен анализ влияния данного исследования на окружающую среду и предложены меры по её защите. Кроме того, были рассмотрены вероятные ЧС и разработан порядок действий в случае их возникновения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения исследовательской работы были получены следующие результаты:

1. Изучены физико-химические закономерности окисления антрахиноновых красителей, а именно Реактивного синего 4 на двух электродах СУЭ и модифицированном нанотрубками УСЭ.

2. Исследована зависимость фонового электролита, потенциала и времени накопления, скорости развертки потенциала на количественное определение RB4 на СУЭ.

3. Решена проблема обновляемости стационарных электродов, путем использование УСЭ, с обновляемой поверхностью.

4. Проведена функционализация модификатора, а также модификация и активация электрода.

5. Подобраны рабочие условия для определения Реактивного синего 4 на модифицированном УСЭ, а именно: фоновый электролит, потенциал и время накопления, скорость развертки потенциала.

6. Разработана методика количественного определения RB методом вольтамперометрии, которая позволяет проводить анализ субстанции: диапазон линейности градуировочного графика от $1,96 \cdot 10^{-6}$ до $2,42 \cdot 10^{-5}$ М; предел обнаружения $5,04 \cdot 10^{-7}$ М.

7. Проведена проверка правильности разработанной методики с помощью метода стандартных добавок, погрешность определения которой не превышает 10 %.

Список публикаций студента

1. Мальцева А. Р., Липских М. В. Исследование электрохимических свойств красителя Reactive blue 4: Международная научно-практическая конференция им. Д. И. Менделеева, посвященная 90-летию профессора Р. З. Магарила, 163-167 с., Тюмень, 2022

2. Мальцева А. Р., Липских М. В. Исследование электрохимических свойств антрахинонового красителя Reactive blue 4: Материалы XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, 366-367 с., Томск, 2022.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Jaganathan V. ENVIRONMENTAL POLLUTION RISK ANALYSIS AND MANAGEMENT IN TEXTILE INDUSTRY: A PREVENTIVE MECHANISM / V. Jaganathan, P. Cherurveetil, A. Chellasamy, M.S. Premapriya // 1st International Conference on Social Sciences and Humanities. - 2014. - №1. - P. 510-516.
2. Rodrigues deOliveira G.A. A test battery for assessing the ecotoxic effects of textile dyes / G.A. Rodrigues deOliveira, D.M. Leme, J. Lapuente, L.B. Brito, C. Porredon // Chemico-Biological Interactions. - 2018. - №291. - P. 179.
3. Benkhaya S.. A review on classifications, recent synthesis and applications of textile dyes / S. Benkhaya, S. M'rabet, A. El Harfi // Inorganic Chemistry Communications. - 2020. - №291. - P. 107.
4. Baqi Y. Development of Anthraquinone Derivatives as Ectonucleoside Triphosphate Diphosphohydrolase (NTPDase) Inhibitors With Selectivity for NTPDase2 and NTPDase3 / Y. Baqi, M. Rashed, L. Schakel, M. Enas, J. Pelletier, J. Sevigny // Pharmacol. - 2020. – P. 51.
5. Shahid M. Analytical methods for determination of anthraquinone dyes in historical textiles: A review / M. Shahid, J. Wertz, I. Degano, M. Aceto, A. Quye // Analytica Chimica Acta. - 2019. - №58-57. - P. 1083.
6. Epolito W.J. Characterization of the textile anthraquinone dye Reactive Blue 4 / W.J. Epolito, Y.H. Lee, L.A. Bottomley, S.G. Pavlostathis // Dyes and Pigments. - 2005. - №67. - P. 35-46.
7. Ojstrsek A. Analysis of Reactive Dyestuffs and Their Hydrolysis by Capillary Electrophoresis / A. Ojstrsek, A. Doliska, D. Fakin // ANALYTICAL SCIENCES. - 2008. - №24. - P. 1581-1587.
8. Klancnik M. The influence of temperature on the kinetics of concurrent hydrolysis and methanolysis reactions of a monochlorotriazine reactive dye / M. Klancnik // Dyes and Pigments. - 2000. - №46. - P. 9-15.

9. Zotou A. Ion-pair high performance liquid chromatographic study of the hydrolysis behaviour of reactive fluorotriazinic dyes / A. Zotou, I. Eleftheriadis, M. Heli, S. Pegiadou // *Dyes and Pigments*. - 2002. - №53. - P. 267-275.
10. Ahmadi S. Photochemical properties of purpurin and its implications for capillary electrophoresis with laser induced fluorescence detection / S. Ahmadi, G. Absalan, D. Craig, D. Goltzac // *Dyes and Pigments*. - 2014. - №105. - P. 57-62.
11. Puchalska M. Identification of anthraquinone coloring matters in natural red dyes by electrospray mass spectrometry coupled to capillary electrophoresis / M. Puchalska, M. Orlinska, M. Ackacha, M. Jarosz // *Mass Spectrometry*. - 2003. - №38. - P. 1245-1258.
12. Carneiro P.A. Homogeneous photodegradation of C.I. Reactive Blue 4 using a photo-Fenton process under artificial and solar irradiation / P.A. Carneiro, R.F. PupoNogueira, M.B. Zanoni // *Dyes and Pigments*. - 2007. - №74. -P. 127-132.
13. Chang S. Degradation of azo and anthraquinone dyes by a low-cost Fe/air process / S. Chang, S. Wang, S. Chao, T. Peng, L. Huang // *Hazardous Materials*. - 2009. - №166. - P. 1127-113.
14. Zhou Y. Photocatalytic activity of Nd-doped ZnO for the degradation of C.I. Reactive Blue 4 in aqueous suspension / Y. Zhou, S.X. Lu, W.G. Xu // *Environmental Progress & Sustainable Energy*. - 2008. - №28. - P. 226-233.
15. Carneiro P.A. A Comparative Study on Chemical and Electrochemical Degradation of Reactive Blue 4 Dye / P.A. Carneiro, C.S. Fugivara, F.P. Nogueira, N. Boralle, M.B. Zanoni // *Portugaliae Electrochimica Acta*. - 2003. - №21. - P. 49-67.
16. Almeida P.J. Voltammetric studies of anthraquinone dyes adsorbed at a hanging mercury drop electrode using fast pulse techniques / P.J. Almeida, J.A. Rodrigues, A.A. Barros, A.G. Fogg // *Analytica Chimica Acta*. - 1999. - №385. - P. 287-293.

17. Sun J. Anodic oxidation of anthraquinone dye Alizarin Red S at Ti/BDD electrodes / J. Sun, H. Lu, L. Du, H. Lin, H. Li // Applied Surface Science. - 2011. - №257. - P. 6667-6671.
18. Zanoni M.V. Electrochemical investigations of reactive dyes; cathodic stripping voltammetric determination of anthraquinone-based chlorotriazine dyes at a hanging mercury drop electrode / M.V. Zanoni, A.G. Fogg, J. Barek, J. Zima // Analytica Chimica Acta. - 1997. - №349. - P. 101-109.
19. Al-Gamdy A.H. Adsorptive stripping voltammetric determination of reactive dyes / A.H. Al-Gamdy. - British: Loughborough University, 2000. - 229 p.
20. Neti N.R. Efficient degradation of Reactive Blue 4 in carbon bed electrochemical reactor / N.R. Neti, R. Misra // Chemical Engineering Journal. - 2012. - №184. - P. 23-32.
21. Valarmathi M. Enhanced sensing of anthraquinone dyes using multiwalled carbon nanotubes modified electrode / M. Valarmathi, A. Gomathi, P. Manisankar // Environmental Analytical Chemistry. - 2013. - №93. - P. 349-363.
22. Nasirizadeh N. Acetaminophen and Tryptophan in Pharmaceutical Samples Using a Multi-Walled Carbon Nanotube and Oxadiazole Modified Glassy Carbon Electrode / N. Nasirizadeh, Z. Shekari, H.R. Zare, A.Y. Ardakanid // Developing a Sensor for the Simultaneous Determination of Dopamine. - 2013. - №24. - P. 1846-1856.
23. Martin C.S. Electrocatalytic study of an electrode modified with Reactive Blue 4 dye covalently immobilized on amine-functionalized silica / C.S. Martin, F. S. Teixeira // Solid State Electrochemistry. - 2012. - №16. - P. 3877-3886.
24. Manisankar P. Electrocatalysis of oxygen reduction at polypyrrole modified glassy carbon electrode in anthraquinone solutions / P. Manisankar, A. Gomathi // Journal of Molecular Catalysis A: Chemical. - 2005. - №232. - P. 45-52.

25. Mauter M. S. Environmental Applications of Carbon-Based Nanomaterials / M. S. Mauter, M. Elimelech // Environmental Science & Technology. - 2008. - №42. - P. 5843–5859.
26. Zhang W. Surface-enhanced oxidation and detection of Sunset Yellow and Tartrazine using multi-walled carbon nanotubes film-modified electrode / W. Zhang, T. Liu, X. Zheng, W. Huang, Wan C. // Colloids and Surfaces. - 2009. - №74. - P. 28–31.
27. Дьячкова Т. П. Методы функционализации и модифицирования углеродных нанотрубок / Т. П. Дьячкова, А. Г. Ткачев. – Москва: «Спектр». - 2013. – 152 с. – ISBN 978-5-4442-0050-6.
28. Rezaei B. A modified electrode using carboxylated multiwalled carbon nanotubes and 1-butyl-2,3-dimethylimidazolium hexafluorophosphate ionic liquid for a simultaneous hazardous textile dye sensor / B. Rezaei, H. Khosropour, A.A. Ensafi // Analytical Methods. - 2017. - №9. - P. 267–275.
29. Carneiro P.A. Evaluation of different electrochemical methods on the oxidation and degradation of Reactive Blue 4 in aqueous solution / P.A. Carneiro, M.E. Osugi, C.S. Fugivara, N. Boralle, M. Furlan // Chemosphere. - 2005. - №59. - P. 431–439.
30. Shiu K.-K. Preconcentration and Electroanalysis of Copper Species at Electrochemically Activated Glassy Carbon Electrodes / K.-K. Shiu, K. Shi // Electroanalysis. - 1998. - №10. – P. 959–964.
31. Российская Федерация. Трудовой кодекс Российской Федерации : Федеральный закон № 197-ФЗ : [принят Государственной думой 21 декабря 2001 года].
32. ГОСТ 12.2.033-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200005187> (дата обращения: 12.04.2022). - Текст : электронный.

33. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения: 12.04.2022). - Текст : электронный.

34. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение: дата введения 2011-05-20. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084092> (дата обращения: 12.04.2022). - Текст : электронный.

35. СанПиН 2.2.4.548-96 Санитарные правила и нормы. "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений": дата введения 1996-01-10. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/901704046> (дата обращения: 12.04.2022). - Текст : электронный.

36. ГОСТ 32548-2013. Межгосударственный стандарт «Вентиляция зданий. Воздухораспределительные устройства». Общие технические условия: дата введения 2015-01-01. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110084> (дата обращения: 12.04.2022). - Текст : электронный.

37. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения 2017-03-01. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 12.04.2022). - Текст : электронный.

38. ГОСТ 12.1.003-83. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности: дата введения 1984-07-01. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200291> (дата обращения: 12.04.2022). - Текст : электронный.

39. ГОСТ 12.1.029-80. Межгосударственный стандарт. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация: дата введения 1981-07-01. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200292> (дата обращения: 12.04.2022). - Текст : электронный.

40. ГОСТ Р 55710-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений: дата введения 2014-07-01. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200105707> (дата обращения: 12.04.2022). - Текст : электронный.

41. ГОСТ 12.1.007-76. Межгосударственный стандарт. 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: 12.04.2022). - Текст : электронный.

42. ГОСТ 1942-86. Государственный стандарт союза ССР. 1,2-Дихлорэтан технический. Технические условия: дата введения 1987-01-01. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200020543> (дата обращения: 12.04.2022). - Текст : электронный.

43. ГОСТ 4461-77. Государственный стандарт союза ССР. Реактивы. Кислота азотная. Технические условия: дата введения 1979-01-01. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200017371> (дата обращения: 12.04.2022). - Текст : электронный.

44. ГОСТ 4204-77. Государственный стандарт союза ССР. Реактивы. Кислота серная. Технические условия: дата введения 1978-07-01. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200017346> (дата обращения: 12.04.2022). - Текст : электронный.

45. ПУЭ. Общие правила. Заземление и защитные меры электробезопасности : (ПУЭ-7) : официальное издание : утверждены Федеральной службой 08.07.02. - Москва : Минэнерго РФ, 2017. - Текст : электронный.

46. 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: 12.04.2022). - Текст : электронный.

47. 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: 12.04.2022). - Текст : электронный.

48. Российская Федерация. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : Федеральный закон № 68-ФЗ : [принят Государственной думой 11 ноября 1994 года].

49. 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: 12.04.2022). - Текст : электронный.