

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки – техносферная безопасность 20.04.01
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Регенерация сорбционных материалов в импульсных электрических разрядах УДК 661.183.537.525

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM51	Буторина Дарья		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. научный сотрудник лаб. №12 ИФВТ	Корнев Яков Иванович	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой, профессор	Романенко Сергей Владимирович	д.х.н.		

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять <i>глубокие</i> математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные знания при осуществлении изысканий и <i>инновационных</i> проектов создания и оптимизации методов и средств обеспечения безопасности человека и окружающей среды от техногенных и антропогенных воздействий	Требования ФГОС (ПК-1–4, 6; ОПК-1–3, 5; ОК-4) [1] , Критерий 5 АИОР [2] (п.1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р2	<i>Создавать</i> и использовать на основе <i>глубоких</i> и <i>принципиальных</i> знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии по защите человека в техносфере, а также для повышения надежности и устойчивости технических объектов, поддержания их функционального назначения в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС (ПК-5, 7; ОПК-1–3, 5; ОК-5, 6), критерии АИОР Критерий 5 АИОР (пп. 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р3	Проводить <i>инновационные</i> инженерные исследования опасных природных и техногенных процессов и систем защиты от них, включая <i>критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, формулировку выводов в условиях неоднозначности</i> с применением <i>глубоких</i> и <i>принципиальных</i> знаний и <i>оригинальных</i> методов в области современных информационных технологий, современной измерительной техники и методов измерения.	Требования ФГОС (ПК-8–13; ОПК-1–3, 5; ОК-9, 10), Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р4	Организовывать и руководить деятельностью подразделений по защите среды обитания и безопасному размещению и применению технических средств в регионах, осуществлять взаимодействие с государственными службами в области экологической, производственной, пожарной безопасности, защиты в чрезвычайных ситуациях, применять на практике теории принятия управленческих решений и методы экспертных оценок.	Требования ФГОС (ПК-14–18; ОПК-1–5; ОК-1, 8), Критерий 5 АИОР (п.1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р5	Организовывать мониторинг в техносфере, составлять краткосрочные и долгосрочные прогнозы развития ситуации на основе его результатов с использованием <i>глубоких фундаментальных</i> и <i>специальных</i> знаний,	Требования ФГОС (ПК-19, 21, 22; ОПК-1–5; ОК-2), Критерий 5 АИОР (пп.1.2, 1.5), согласованный с требованиями международных

	аналитических методов и <i>сложных</i> моделей в условиях <i>неопределенности</i> , анализировать и оценивать потенциальную опасность объектов экономики для человека и среды обитания и разрабатывать рекомендации по повышению уровня безопасности объекта	стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Проводить экспертизу безопасности и экологичности технических проектов, производств, промышленных предприятий и территориально-производственных комплексов, аудит систем безопасности, осуществлять мероприятия по надзору и контролю на объекте экономики, территории в соответствии с действующей нормативно-правовой базой	Требования ФГОС (ПК-20, 23–25; ОПК-1–3, 5), Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Использовать <i>глубокие</i> знания в области проектного <i>менеджмента</i> , в том числе <i>международного менеджмента</i> , находить и принимать управленческие решения с соблюдением профессиональной этики и норм ведения <i>инновационной инженерной деятельности</i> с учетом юридических аспектов в области <i>техносферной безопасности</i> .	Требования ФГОС ВО (ОК-7, ОК-8; ОПК-1–3, 5; ПК-4, ПК-6) Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	<i>Активно владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в интернациональной профессиональной среде, включая разработку документации, презентацию и защиту результатов <i>инновационной инженерной деятельности</i> .	Требования ФГОС (ОК-4–6, 10–12; ОПК-3), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально, а также в качестве <i>руководителя группы</i> с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области <i>техносферной безопасности</i> , демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам	Требования ФГОС (ОК-1-3, 8; ОПК-1–4), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Демонстрировать <i>глубокое знание</i> правовых, социальных, экологических и культурных аспектов <i>инновационной инженерной деятельности</i> , <i>компетентность</i> в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, 5; ОПК-2–3; ПК-18, 19), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Понимать необходимость и уметь <i>самостоятельно учиться</i> и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-2–4), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Форма задания на выполнение выпускной квалификационной работы
Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное
 учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки (специальность) – техносферная безопасность 20.04.01
 Кафедра ЭБЖ

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1ЕМ51	Буториной Дарье

Тема работы:

Регенерация сорбционных материалов в импульсных электрических разрядах	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	01.03.2017 №1290/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Литературные данные, методические рекомендации, техническая документация.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Аналитический обзор литературы, постановка цели и задач исследования, выбор метода исследования, разработка модели, оценка и анализ результатов исследования, составление разделов «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность», выводы по исследовательской работе.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном	

языках:
Литературный обзор

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. сотрудник лаб. №12 ИФВТ	Корнев Яков Иванович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ51	Буторина Дарья		

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

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки (специальность) – техносферная безопасность 20.04.01
 Уровень образования магистратура
 Кафедра ЭБЖ
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

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)
31.10.15	Выбор темы научно-исследовательской работы. Постановка цели и задач. Выбор объектов и методов исследования	5
09.02.16	Анализ литературы. Сбор и обработка информации об исследуемом объекте.	15
20.06.16	Исследования в период прохождения научно-производственной практики: ознакомление с экспериментальной методикой, отработка методики.	20
27.12.16	Проведение разрядной обработки активированного угля, насыщенного красителями	30
05.03.17	Оценка и анализ полученных результатов	20
03.05.17.	Оформление полученных результатов, написание текста диссертации	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. сотрудник лаб.№12 ИФВТ	Корнев Яков Иванович	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Романенко Сергей Владимирович	д.х.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1EM51	Буториной Дарье

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Техносферная безопасность 20.04.01

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Для разработки проекта потребуются следующие ресурсы: материально-технические ресурсы (цены на материалы и оборудование); финансовые ресурсы для оплаты труда исполнителям проекта (районный коэффициент для Томска, коэффициент дополнительной зарплаты); человеческие ресурсы (руководитель, эксперт, исполнитель проекта).</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов»</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные страховые фонды – 27,1 %</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i>	<i>Предпроектный анализ. Потенциальные потребители результатов исследования. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. SWOT-анализ. Оценка готовности проекта к коммерциализации.</i>
<i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Инициация проекта. Цели и результат проекта. Организационная структура проекта. Ограничения и допущения проекта.</i>
<i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Планирование управления научно-техническим проектом. Иерархическая структура работ проекта. Контрольные события проекта. План проекта. Бюджет научного исследования. Матрица ответственности. Реестр рисков проекта.</i>
<i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
<i>Карта сегментирования рынка услуг Итоговая матрица SWOT-анализа Иерархическая структура проекта Календарный план-график проведения НИОКР по теме</i>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ51	Буторина Дарья		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1EM51	Буторина Дарья

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Техносферная безопасность 20.04.01

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<i>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i>	<i>Описание рабочего места лаборанта. Объект исследования - процессы адсорбции и регенерации активированного угля</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p><i>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p><i>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p><i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <p><i>физико-химическая природа вредности;</i></p> <p><i>действие фактора на организм человека;</i></p> <p><i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i></p> <p><i>предлагаемые мероприятия по улучшению условий труда</i></p> <p><i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</i></p> <p><i>электробезопасность (в т.ч. статическое электричество);</i></p> <p><i>пожар взрывобезопасность (источники, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</i></p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p><i>Охрана окружающей среды:</i></p> <p><i>анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</i></p> <p><i>анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</i></p> <p><i>мероприятия по сокращению негативного воздействия на окружающую среду.</i></p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; 	<p><i>Защита в чрезвычайных ситуациях:</i></p> <p><i>перечень возможных ЧС на объекте;</i></p> <p><i>выбор и описание рекомендуемых действий при</i></p>

<ul style="list-style-type: none"> – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	одной из ЧС.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: специальные (характерные для лаборанта) правовые нормы трудового законодательства;

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ51	Буторина Дарья		

Реферат

Магистерская диссертация состоит из текстового документа на 93 страницах, содержит 13 рисунков, 30 таблиц, 47 источников, 1 приложения.

Объектом исследования в данной работе являются процессы, которые протекают под воздействием электрического разряда на поверхности сорбирующего вещества.

Цель работы: изучение процессов регенерации угольных сорбентов в импульсных электрических разрядах.

Основные задачи исследования:

- изучить процессы адсорбции органических примесей на активированном угле марки СКД-515 в различных условиях;
- разработать установку для регенерации сорбентов в импульсных электрических разрядах;
- исследовать процессы регенерации и предложить технологическую схему обработки сорбентов.

В качестве метода исследования был использован метод регенерации на основе импульсного электрического разряда.

Научная новизна: впервые изучено влияние электрического разряда на процесс регенерации активированного угля, насыщенного красителями, фенолом.

Практическая значимость основывается на создании нового эффективного способа регенерации.

Определения

Адсорбция – это процесс, происходящий на границе раздела фаз. Он затрагивает только поверхностные слои, взаимодействующих фаз, и не распространяется на глубинные слои этих фаз. Адсорбцией называют явление накопления одного вещества на поверхности другого. В общем случае, адсорбцией называют изменение концентрации вещества на границе раздела фаз.

Удельная поверхность – усреднённая характеристика размеров внутренних полостей (каналов, пор) пористого тела или частиц раздробленной фазы дисперсной системы.

Регенерация - восстановление, возобновление, возмещение каких-либо свойств в процессе обработки.

Диэлектрический барьерный разряд – разряд, который образуется между двумя электродами, где хотя бы один из них покрыт диэлектрическим слоем.

Обозначения

АУ – активированные угли

НТИ – научно-техническое исследование

НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки

ДБД – диэлектрический барьерный разряд

ИКР – импульсный коронный разряд

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
2. ГОСТ 2.104 – 2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи.
3. ГОСТ 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
4. ГОСТ 2.106 – 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
5. ГОСТ 3.1102 – 2011 Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов.
6. ГОСТ 3.1105 – 2011 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов общего назначения.
7. ГОСТ 7.0.5 – 2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка.
8. ГОСТ 7.1 – 2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание.
9. ГОСТ 7.9 – 95 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация.
10. ГОСТ 7.32 – 2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
11. ГОСТ 8.417 – 2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.

Оглавление

Реферат	11
Определения	12
Обозначения.....	13
Нормативные ссылки	14
Введение.....	17
Глава 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	19
1.1 Сорбционные методы очистки	19
1.1.1. Виды сорбционных материалов	20
1.2. Электроимпульсная очистка.....	22
1.2.1. Разряд в газе	23
1.2.2. Диэлектрический барьерный разряд.....	25
1.2.3. Импульсный коронный разряд	25
1.3. Виды регенерации сорбентов	27
Глава 2. Экспериментальная часть.....	30
2.1 Методы и объекты исследования.....	30
2.1.1. Объект исследования.....	30
2.2. Методика проведения регенерации сорбента	31
2.2.1. Построение градуировочного графика метиленового голубого.....	36
2.2.2. Построение градуировочного графика фенола.....	38
Глава 3. Результаты и обсуждения.....	41
3.1. Построение изотерм адсорбции метиленового голубого	41
3.2. Построение изотерм адсорбции фенола	43
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	45
4.1. Предпроектный анализ.....	45
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	45
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	46
4.1.3. SWOT-анализ	47
4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации	50
4.2. Инициация проекта.....	51
4.2.1. Цели и результат проекта.....	51

4.2.2. Организационная структура проекта	52
4.2.3 Ограничения и допущения проекта	53
4.3. Планирование управления научно-техническим проектом	53
4.3.1. Иерархическая структура работ проекта.....	53
4.3.2. Контрольные события проекта.....	54
4.3.3. План проекта	55
4.3.4 Бюджет научного исследования.....	59
4.3.5. Матрица ответственности	64
4.4. Определение ресурсосберегающей эффективности исследования	65
4.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	66
Глава 5. Социальная ответственность.....	70
5.1. Профессиональная социальная безопасность	71
5.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	71
5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	71
5.1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.	74
5.2. Экологическая безопасность.....	76
5.2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	76
5.2.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.	76
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	76
5.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	76
5.3.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.	77
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	77
5.4.1. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.	77
Заключение	79
Список использованных источников	80
Приложение 1	85

Введение

Для глубокой очистки сточных вод от различных примесей широкое применение в промышленности находят адсорбционные методы. Удачное введение непрерывных адсорбционно-десорбционных процессов в производство в немаловажной степени зависит от способности сорбционных материалов к восстановлению, также от выгодного и безопасного метода регенерации и правильности осуществления всех стадий регенерации. Использование результативных способов восстановления сорбционных материалов, которые обладают значительными преимуществами, приведет к повышению срока эксплуатации сорбционных материалов, что в свою очередь позволит снизить экономические затраты.

Использование целесообразных методов восстановления сорбционных материалов позволяет усовершенствовать технико-экономические показатели адсорбционных установок, а также обеспечить защиту водных ресурсов от загрязняющих веществ и вернуть важные компоненты в технологический процесс для вторичного использования.

Сорбционные материалы находят широкое применение в технологиях очистки воды. При этом наиболее распространенными сорбентами являются активированные угли, обладающие развитой удельной поверхностью, высокой адсорбционной способностью и селективностью к полярным компонентам, которые являются широко распространенными загрязнителями окружающей среды. Использование активированных углей позволяет очищать сточные воды солей тяжелых металлов, хлора и других веществ. Однако, высококачественные сорбенты дороги, поэтому их применение зачастую экономически целесообразно только при условии многократного использования.

Целью магистерской диссертации является изучение процессов регенерации угольных сорбентов в импульсных электрических разрядах.

Основные задачи исследования:

- изучить процессы адсорбции органических примесей на активированном угле марки СКД-515 в различных условиях;
- разработать установку для регенерации сорбентов в импульсных электрических разрядах;
- исследовать процессы регенерации и предложить технологическую схему обработки сорбентов.

В качестве метода исследования был использован метод регенерации на основе импульсного электрического разряда.

Научная новизна: впервые изучено влияние электрического разряда на процесс регенерации активированного угля, насыщенного красителями, фенолом.

Практическая значимость основывается на создании нового эффективного способа регенерации.

Глава 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Сорбционные методы очистки

Сорбционная очистка от различных веществ-загрязнителей из сточных вод приобрела обширное использование в результате отсутствия вторичных загрязнений и высокой эффективности очистки [1].

Существует два основных типа сорбционных процессов, представленные на рис.1.

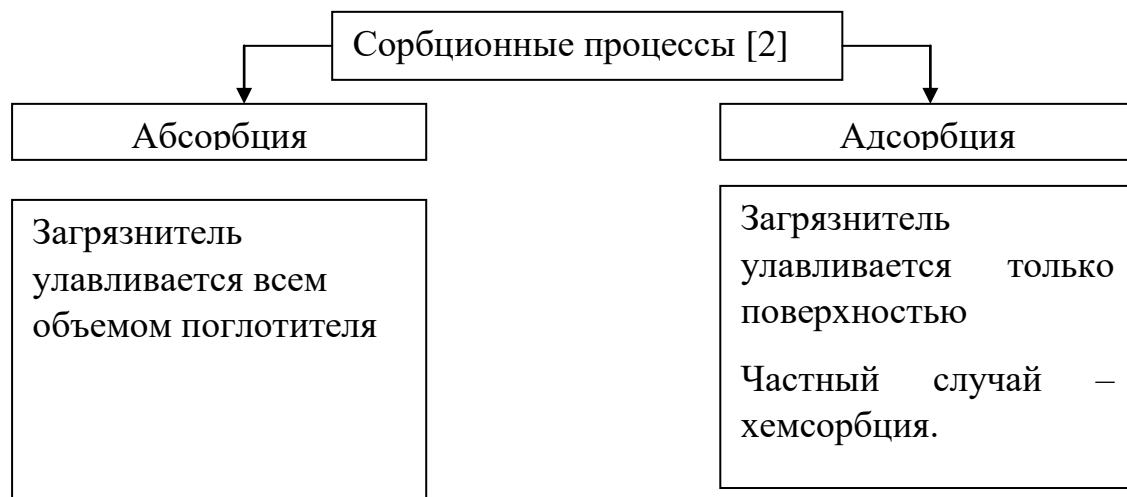


Рисунок 1 – Сорбционные процессы

Физическое и химическое взаимодействие между адсорбентом и загрязнителем имеет важное место [3].

По причине малых Ван-дер-Вальсовых сил в ходе физического контакта между загрязнителем и сорбентом происходит осаждением вещества на поверхности сорбента [4].

Эффективность сорбционных процессов зависит от:

- температуры;
- размеров пор сорбирующего вещества;
- рН среды;
- состава загрязняющих веществ [5].

Стремительность сорбции характеризуется способностью загрязнителя в водном растворе проникать на поверхность сорбционного материала. Также стремительность процесса можно ускорить посредством перемешивания водного раствора с адсорбентом.

Загрязнители с наименьшей растворимостью сорбируются сильнее [6].

Адсорбция - это экзотермический процесс, характеризующийся снижением свободной энергии, вследствие этого при понижении температуры степень адсорбции увеличивается [7].

Зачастую сорбция является последним методом очистки загрязненных вод, которой предшествует коагуляция, отстаивание и фильтрование.

Условия, в которых могут протекать сорбционные процессы бывают статическими (загрязнитель контактирует с сорбентом неподвижно или происходит смешение с ним; эффективность характеризуется количеством улавливаемого загрязнителя на единицу массы сорбента) и динамическими (загрязнитель находится в подвижном состоянии, осуществляется фильтрация через слой сорбционного материала; эффективность характеризуется временем поглощения загрязнителя сорбционным материалом). Динамические условия признаны более результативными, т.к. в промышленности обеспечивают постоянство технологии процесса и дают возможность их автоматизировать [8].

1.1.1. Виды сорбционных материалов

В настоящее время на рынке представлено огромное множество сорбционных материалов, которые имеют свои преимущества и недостатки. Поиск и разработка недорогих и в то же время эффективных сорбентов – актуальная задача сегодня.

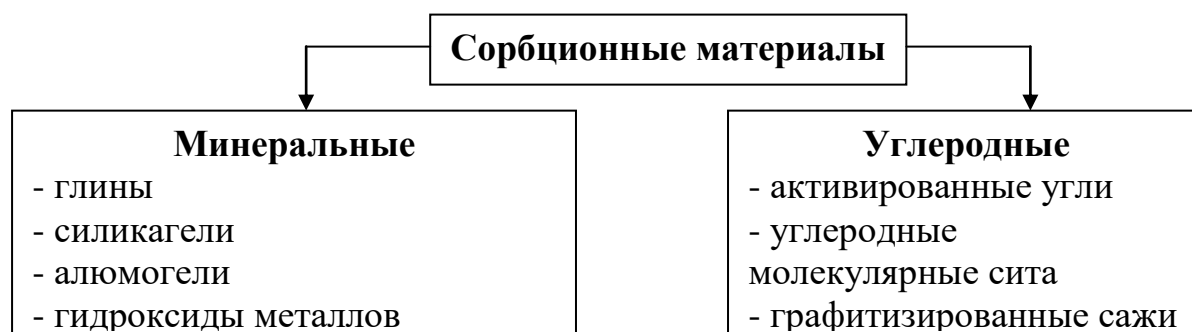


Рисунок 2 – Виды сорбционных материалов

Каждый вид сорбционных материалов выражает разнообразную сорбционную способность к различным загрязнителям. Природные сорбционные материалы обладают преимуществам в плане экономической эффективности, а также высокой степенью сорбции.

Выявлено, что одним из эффективных методов сорбции является использование прессованного волокна, также как и применение глинистых пород и цеолитов. Цеолиты можно применять только для загрязнителей, у которых размеры молекул меньше входного отверстия что является существенным недостатком.

В настоящее время интенсивно идет разработка и внедрение методов использования древесных отходов (кора, опилки) в качестве сорбентов для очистки сточных вод от загрязнителей разной природы возникновения. Главными плюсами использования древесных сорбентов для очистки вод от загрязняющих веществ являются экономическая выгода этих материалов, также они не изменяют показатели солесодержания в водном растворе. Появляется возможность неоднократного применения данных сорбционных материалов [11].

Но тем не менее, наиболее практичным и выгодным сорбентом является активированный уголь. Первоначальным сырьем для получения активированного угля может выступать любой материал, например, уголь, полимеры, древесина, отходы производства. АУ нередко применяется для сорбции ионов тяжелых металлов.

АУ обладает следующими преимуществами:

- хорошо взаимодействует с органическими веществами;
- является крупнопористым;
- имеет большую адсорбционную емкость, высокую селективность и малую сдерживающую способность при восстановлении;
- прочный, быстро смачивается водой.

1.2. Электроимпульсная очистка

Электрический разряд описывает прохождение электрического заряда через материал, который не проводит электричество. Диэлектрическая среда может представлять собой газ, жидкость или твердое вещество. Зачастую электрический разряд сопровождается образованием плазмы в виде электронейтрального ионизированного газа. Наиболее распространенными явлениями образования плазмы в природе являются молния и полярное сияние. Ни для кого не секрет, что наиболее часто наблюдаемой формой молнии является гром, который представляет собой искровой электрический разряд, происходящий при давлении, близком к атмосферному, сопровождающийся акустическим явлением. Такого рода разряд совместно с дуговым электрическим разрядом называется термической плазмой потому что вся плотность энергии сконцентрирована исключительно на выходе, что приводит к повышению температуры.

Эффективность электрического разряда, полученного за счет высокого напряжения, была доказана в деградации загрязнителей в водоочистке [12], также для дезинфекции микро-биологически загрязненных жидкостей [13]. Электрический разряд в газовой среде также имеет широкое распространение в охране воздушного бассейна: удаление оксидов азота и серы из выбросов, также удаление пылевых частиц из выбросов бумажной и металлургической индустрии [14-16].

В водоочистке, разряд высокого напряжения из нетермической плазмы используется для получения озона и гидроксил-радикалов из воды и кислорода. Ввод энергии не большой, так что приводит к незначительному увеличению температуры.

Растворенный озон в воде может, в свою очередь разлагаться на ОН-радикалы или же реагировать непосредственно с загрязняющими веществами [17]. Нетермическая плазма – жизнеспособная технология для использования в крупномасштабном производстве. Наряду с генерацией высокоактивных частиц, метод способен деградировать загрязнители не селективно, без

необходимости в высокой температуре или в низком давлении. Хорошо известные методы, проходящие при условиях нетермической плазмы, это диэлектрический барьерный разряд и импульсный коронный разряд.

Использование электрического разряда для очистки водной и воздушной сред в последнее время порождают большой интерес к методу.

Введение ЭР в водоочистной системе в первую очередь связано с выделением озона [22], а также действием большого диапазона динамичных частиц - радикалов и ионов [21, 22].

Был изучен разряд в газовой среде, а также в водной начиная от импульсных тускло светящихся тонких разветвленных каналов разрядов[23] до скользящего искрового разряда, возникающего вдоль поверхности раздела фаз (газ и твердый диэлектрик)[24].

Существуют работы используемые в водоочистке разложением вещества на компоненты при протекании через водный раствор ЭР в тлеющем разряде [25], осваивается дезинфекция в импульсном электрическом поле [26].

Ниже необходимо разобрать явление разряда в газе, который используется в технологическом процессе очистки воды.

1.2.1. Разряд в газе

Всем известно, что ЭР инициирует выделение озона и различных активных частиц в газовых средах, в которых присутствует O_2 . Однако, в практических условиях доказано, что для этого могут применяться разряды, которые образуют неравновесную плазму.

Важно отметить, что температура частиц является ниже, чем температура, вычисленная по формуле Саха для частиц [32].

Создается большой диапазон динамичных частиц, которые имеют высокую реакционную способность, такие как ионы и радикалы в результате активации и распада частиц газа электронами.

Если необходимо получить конкретный состав частиц, то нужно задать параметры разряда, учитывая что энергетический диапазон частиц не

приближен к максвелловскому и устанавливается напряженностью электрического поля.

В неравновесной плазме протекают лишь те реакции, которые в равновесных условиях при высоких температурах (более 10000 град.).

В газе при небольших давлениях источником неравновесной плазмы служит ЭР, который образуется при низких давлениях и небольшом токе. Для данного ЭР характерно присутствие уменьшения напряжения, для того чтобы частицы взяли нужное количество энергии для начала ионизации молекул газа и возникновения плазменного столба.

В постоянном состоянии разряд может быть только при уменьшенных давлениях, при этом выход активных частиц невелик. В воздухе или кислороде при атмосферном давлении развитие неустойчивостей, приводящих к контракции разряда, происходит за очень короткое время. Для зажигания объемного разряда при атмосферном давлении необходимо создание специальных условий: импульсного режима питания, начальной предиионизации [33], высоких скоростей прокачки газа через промежуток [34], что затрудняет практическое использование. Наиболее распространенной формой самостоятельного разряда в газе при атмосферном давлении является искровой пробой, хорошо исследованный в литературе [35, 36], однако в силу высокой температуры и значительного энерговыделения в искровом канале эффективность генерации активных частиц крайне низка. Для создания неравновесной плазмы при атмосферном давлении и температуре близкой к 300 К используются разряды «переходного» типа, состоящие из большого количества каналов малой мощности (стримеров, микрозарядов). Плазма в этих каналах существенно неравновесна: температура газа как правило близка к 300 К, а энергия электронов составляет 1-10 эВ. Наиболее часто находят применение коронный и барьерный разряды.

1.2.2. Диэлектрический барьерный разряд

Барьерный разряд - это разряд атмосферного давления между электродами, при условии если один из них покрыт диэлектриком [40].

Зачастую трудно найти разницу между этими разрядами, особенно при протекании импульсного режима.

В частности, в реакторе ИКР (с резко неоднородным полем) может быть использован диэлектрический барьер [41]. В виде барьера может выступать диэлектрик со значительной диэлектрической проницаемостью ($\epsilon \sim 100$), что увеличивает удельную емкость барьера и, как результат, ток и температуру газа в зоне разряда. В дальнейшем под термином «барьерный разряд» мы будем подразумевать разряд в системе электродов прежде всего с однородным или слабонеоднородным полем и диэлектриком с относительно низкой диэлектрической проницаемостью ($\epsilon \sim 3-10$).

Диэлектрический барьерный разряд обычно образуется между двумя электродами, где хотя бы один из них покрыт диэлектрическим слоем. ДБД состоит из множества одиночных микро-разрядов, равномерно распределенных в межэлектродном пространстве, вследствие наличия диэлектрического барьера [27,28]. Диэлектрический слой стабилизирует разряд и предотвращает образование дуги между электродами и удерживает распространение микро-разрядов вокруг поверхности электрода, ограничивая число разряда [29]. Предыдущие исследования показывают, что диэлектрический барьерный разряд ведет себя как тихий разряд, так как он не издает такие звуковые колебания, как искровые разряды в воздухе. Для системы электродов используют только переменный ток или импульсную мощность. Образование разряда в воздухе идет при давлении газа в одну атмосферу, в интервале зазора (в миллиметрах) и применения переменного высокого напряжения. Влажность воздуха увеличивает мощность микро-разрядов.

Широко применяемый в генераторах озона, нитевидный диэлектрический барьерный разряд впервые был использован в 1857 году

Вернер Ван Сименсом для получения озона чтобы очистить воду от бактериальных загрязнителей. Также разряды такого типа нашли применение в ламповой промышленности и в производстве телевизоров. Применение в области охраны окружающей среды не ограничивается только окислением поллютантов, замечено использование ДБД в разложении летучих органических соединений [40].

Главным различием барьерного разряда от других есть его квазиравномерная распределенность по объему разрядного интервала. Разряд, как правило, имеется в виде крупного числа каналов, которые называются микроразрядами [40]. У микроразряда сходства с искровым разрядом на ранних стадиях, однако по мере развития микроразряда случается накопление зарядов на поверхности барьерного диэлектрика, что вызывает смягчение поля в промежутке и прекращение тока.

1.2.3. Импульсный коронный разряд

Коронный разряд – характерная форма самостоятельного газового разряда, возникающего в резко неоднородных полях. Ионизационные процессы в этом виде разряда происходят, в основном, вблизи электрода с малым радиусом кривизны (коронирующего электрода). Эта зона характеризуется значительно более высокими значениями напряженности поля по сравнению со средними значениями для всего промежутка.

Технология импульсного коронного разряда основана на получении нетермического разряда, используя импульс высокого напряжения. Стримерные свойства ИКР почти схожи со свойствами диэлектрического барьерного разряда, но в импульсном коронном разряде межэлектродное пространство больше за счет использования асимметричной электродной пары, где разряд развивается в высоко полевого области возле изгиба электрода и распространяется по катоду.

Характеристики ионов, производящих плазму, зависят от полярности разряда и от характеристик газовой смеси [41]. Когда электрод с большой

кривизной соединен с положительным выходом электропитания, разряд представляет собой корону положительного разряда.

Импульсный разряд нашел свое применение в электрофильтрах, что в свою очередь, охватывает большой диапазон областей, начиная от обеззараживания большого потока воздуха, деструкции токсических соединений и снижения загрязнения заканчивая генерацией озона или производством полупроводников.

Сходство барьерного и импульсного коронного разрядов обусловлено близкими значениями удельной энергии и плотности тока в канале. Проведенные сравнительные исследования удаления летучих органических соединений импульсным коронным и барьерным разрядами в сухом воздухе [37] показали приблизительно одинаковые результаты. В работах [38, 39] обосновываются различия коронного и барьерного разрядов. Более простая конструкция электродов для осуществления коронного разряда и большая площадь воздушного зазора позволяют обрабатывать большие объемы газа. Барьерный разряд, в свою очередь, обладает лучшей пространственной однородностью и возможностью в широких пределах изменять плотность вложенной энергии [38]. Благодаря наличию резко неоднородного электрического поля напряженность поля и энергия электронов в стримерном канале импульсной короны оказываются несколько выше, что оказывает влияние на сечения элементарных реакций в разрядном промежутке [39].

1.3. Виды регенерации сорбентов

Для восстановления природных сорбентов используются термическая регенерация, обработка кислотами и щелочами, неорганическими и органическими веществами, а также гидротермальная обработка [42,43]. Классическая термическая регенерация, являясь универсальным методом восстановления активности углей, довольно сложна и энергоемка [44]. Термическая регенерация проходит за счет повышения температуры слоя адсорбента и пропусканием через него десорбирующего агента (насыщенный или перегретый водяной пар) или контактным нагревом слоя адсорбента

(через стенку аппарата) с отдувкой выделяющегося компонента небольшим количеством инертного газа. В зависимости от вида системы адсорбат – адсорбент, десорбцию в промышленных условиях обычно осуществляют при умеренных (100-200°C) и при повышенных температурах (200-400°C).

Близко к термической активации стоит метод гидротермального модифицирования природных сорбентов – обработка в парах воды при высоких температурах и давлении. При гидротермальной обработке происходит растворение мелких частиц вещества и осаждение их на поверхности более крупных, что приводит к изменению удельной поверхности и увеличению сорбционного объема пор. В состав природных адсорбентов, как правило, входят гидроксиды металлов, которые при гидротермальной обработке претерпевают различные фазовые переходы, приводящие зачастую к аморфизации структуры минерала, что также сопровождается увеличением их активности. Применение гидротермальной обработки сопровождается высокими температурами и давлениями, что небезопасно и требует сложного аппаратного оформления [43].

Также распространена кислотная активация природных сорбентов. При изучении процесса кислотной активации природных сорбентов исследователями установлена существенная зависимость их адсорбционной способности от природы кислоты, ее концентрации соотношения Т:Ж, продолжительности обработки, минералогического состава и размера исходных частиц адсорбента. Как правило, при кислотной активации сорбентов используют 15-20% H_2SO_4 или 10-15% HCl , взятых в количества 50% от воздушно-сухой навески, длительность обработки составляет 2-6 часов. Следует отметить, что регенерация угля кислотами приводит к потере механической прочности сорбента, а использование щелочей является причиной разрушения структуры и уменьшения адсорбционной емкости [43,45].

Активация минеральных природных сорбентов с применением щелочей и извести отражена во многих работах. В них подробно исследованы условия

активации, механизмы и химия процесса. Под действием щелочей происходит диспергирование первичных частиц и повышение содержания коллоидной фракции в суспензии, что изменяет ее физико-химические и механические свойства. В некоторых случаях при активации щелочами возможно образование новых фаз, которые по своим химическим и адсорбционно-структурным свойствам резко отличаются от исходного материала и обладают, как правило, большей адсорбционной способностью. Однако вымывание мелких фракций сорбента, ведущие к разрушению структуры и уменьшению адсорбционной емкости, ограничивает применение щелочной активации.

Таким образом, поиск безреагентных способов регенерации сорбентов при низкой температуре и атмосферном давлении является актуальной задачей. Перспективным направлением исследований является регенерация сорбентов под воздействием электрических разрядов, благодаря возможности получения в обрабатываемой среде сильных окислителей, таких как гидроксильные радикалы (ОН), озон (O₃) и атомарный кислород (O) [46].

В работе [47] показана высокая эффективность регенерации активированного угля (>90%) барьерным разрядом. Показано, что в результате активации происходит увеличение площади поверхности и объема пор активированного угля и наблюдается уменьшение поверхностной концентрации загрязняющих веществ.

Глава 2. Экспериментальная часть

2.1 Методы и объекты исследования

Сорбционные материалы находят широкое применение в технологиях очистки воды. Наиболее распространенными сорбентами являются активированные угли, обладающие развитой удельной поверхностью, высокой адсорбционной способностью и селективностью к полярным компонентам, которые являются широко распространенными загрязнителями окружающей среды.

Однако, высококачественные сорбенты дороги, поэтому их применение зачастую экономически целесообразно только при условии многократного использования.

Таким образом, поиск безреагентных способов регенерации сорбентов при низкой температуре и атмосферном давлении является актуальной задачей. Используемым методом исследований является регенерация сорбентов под воздействием электрических разрядов.

2.1.1. Объект исследования

В качестве объекта исследования использовали уголь марки СКД-515 (Россия). Насыщение угля проводили в модельных растворах метиленового голубого ($C_{16}H_{18}ClN_3S$), фенола (C_6H_6O) и метилового оранжевого ($C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$).



Рисунок 3 – Гранулы угля СКД – 515

Активный уголь марки СКД – это специальная марка угля, предназначенная для очистки питьевой воды от органических, хлорорганических соединений, тяжелых металлов, диоксинов, ксенобиотиков и др.

Представляет собой гранулы цилиндрической формы черного цвета, изготовленные из тонкодисперсной пыли (смеси каменных углей) и связующего с последующей обработкой водяным паром при температуре 800 – 950°С.

После отработки своего ресурса уголь СКД можно подвергать регенерации с высокой степенью восстановления адсорбционных свойств.

Области применения:

- фильтры высокой производительности;
- фильтры малой и средней производительности, в том числе бытовые;

Таблица 1 – Характеристики угля марки СКД-515

ГРАНУЛИРОВАННЫЙ УГОЛЬ АКТИВНЫЙ СКД – 515	
Наименование показателя	Норма
Внешний вид	Цилиндрические гранулы темно-серого или черного цвета
Прочность на истирание, %, не менее	75
Массовая доля влаги, %, не более	5,0
Массовая доля серебра, %	0,03 – 0,1
Адсорбционная активность по йоду, %, не менее	60,0
Размер гранул > 1,5 мм, %, не более	12
Размер гранул 1,5 – 1,0 мм, %	не нормируется
Размер гранул 1,0 – 0,5 мм, %, не менее	20
Размер гранул < 0,5 мм, %, не более	5
Суммарный объём пор по воде, см ³ /г, не более	0,7 - 1,0

2.2. Методика проведения регенерации сорбента

Экспериментальная установка. Схема установки приведена на рис.3. Ее основной частью является разрядная камера. Она состоит из плоских металлических электродов, высоковольтный электрод размещён на диэлектрической пластине, служащей барьером. Разрядная камера представляет собой герметичную конструкцию. Атмосферный воздух

подается в камеру компрессором и затем отводится из зоны разряда через патрубки 1. После обработки разрядом образовавшаяся озono – воздушная смесь, образуемая в разряде, прокачивается через измеритель концентрации озона и выводится в атмосферу через деструктор озона.

Озонатор работает следующим образом. Поток рабочего газа проходит в разрядный зазор, образованный поверхностью алюминиевого электрода 7 и диэлектрическим барьером 4. Дистанцер 6 задает расстояние между электродами. На поверхности электрода 7 размещается слой активированного угля массой 10 г. При подаче высокого напряжения от источника питания на электроды 2 и 7 в межэлектродном промежутке возникает барьерный разряд. Продуктами разряда являются озон, атомарный кислород и гидроксильные радикалы. Воздействие сильных окислителей, а также ускоренных электронов, приводит к инициированию окислительно-восстановительных процессов на поверхности угля, окислению адсорбированных примесей и, в конечном итоге, к восстановлению сорбционной емкости угля.

Характеристики установки:

$U=300$ кВТ;

$W=250$ Вт;

$C(O_3)=3$ г/м³ при частоте импульсов 200 имп/сек;

$C(O_3)=0,3$ г/м³ при частоте импульсов 500 имп/сек;

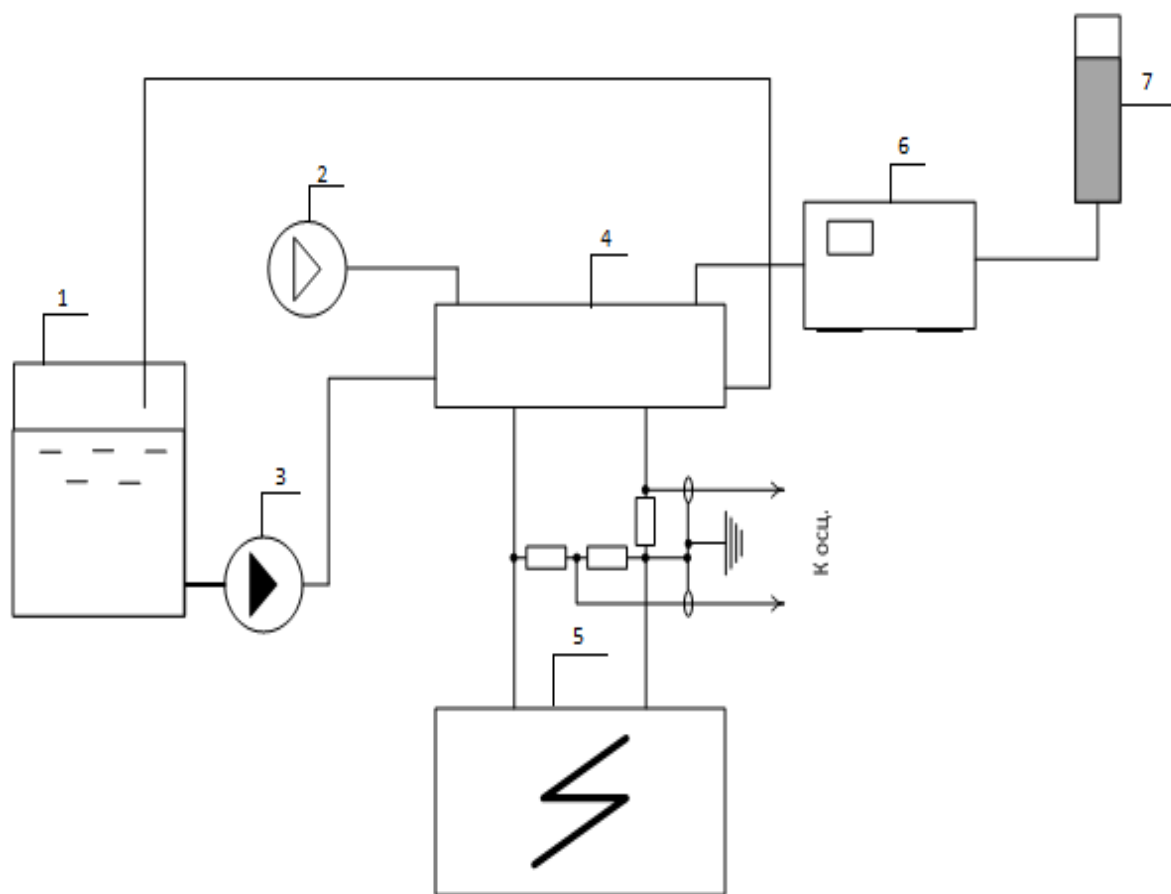


Рисунок 3 – Схема установки

1 – бак с водой; 2 – насос воздуха; 3 – водяной насос; 4 – озонатор; 5 – источник питания; 6 – газоанализатор; 7 – деструктор.

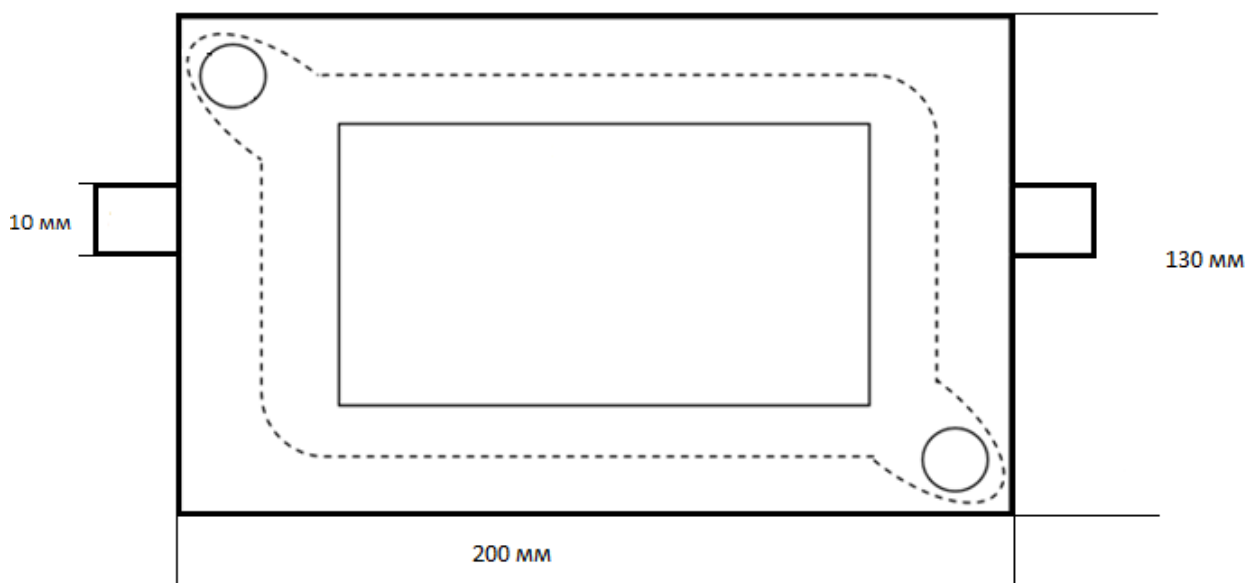


Рисунок 3а – Схема установки (вид сверху)

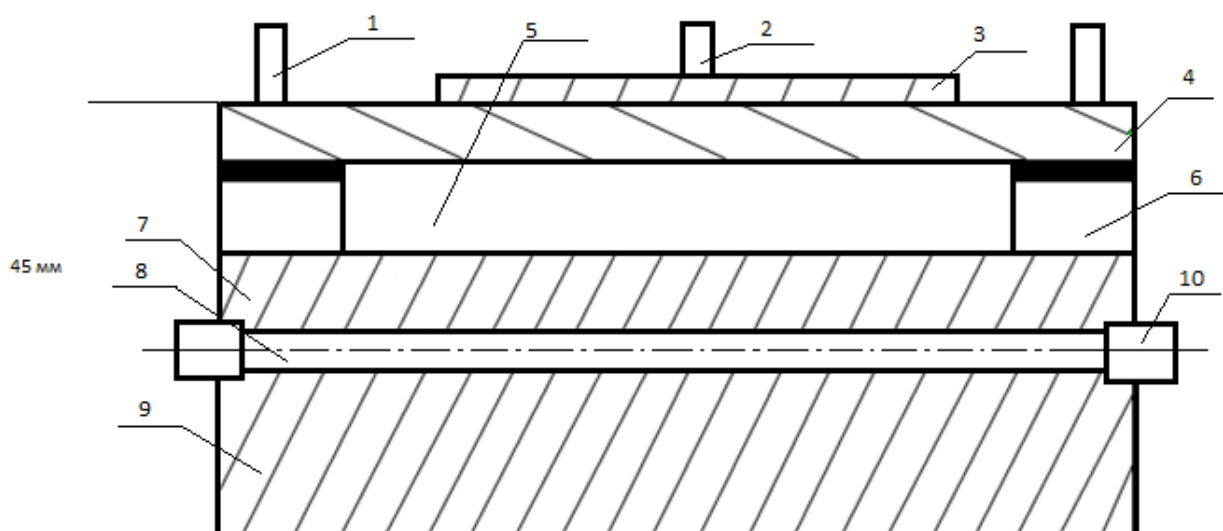


Рис 3б – Схема установки (вид сбоку)

1 – парубки отвода газа; 2,3 – высоковольтный электрод; 4 – диэлектрический барьер; 5 - рабочий объем реактора (область разряда); 6 – дистанцер; 7,9 – заземленный электрод; 8 – канал для охлаждения электрода; 10 – патрубки отвода воды.

Осциллограммы тока и напряжения позволяют определить условия горения разряда и рассчитать энергию, передаваемую из источника питания в разрядный промежуток. На рисунке 4 представлены осциллограммы напряжения и тока, полученные при наличии и отсутствии угля в разрядной камере.

Осциллограммы получена с помощью делителя напряжения Tektronix P6015и низкоиндуктивного токового шунта. Регистрация осциллограмм осуществлялась с помощью осциллографа Tektronix 2014.

Осциллограммы напряжения и тока (1) получены при отсутствии угля в реакторе. Кривые 2 получены при наличии угля (рис 3).

Осциллограммы тока $I(t)$ и напряжения $U(t)$ были использованы для определения энергии импульса по формуле

$$W = \int_0^T U(t)I(t)dt \quad (2.1)$$

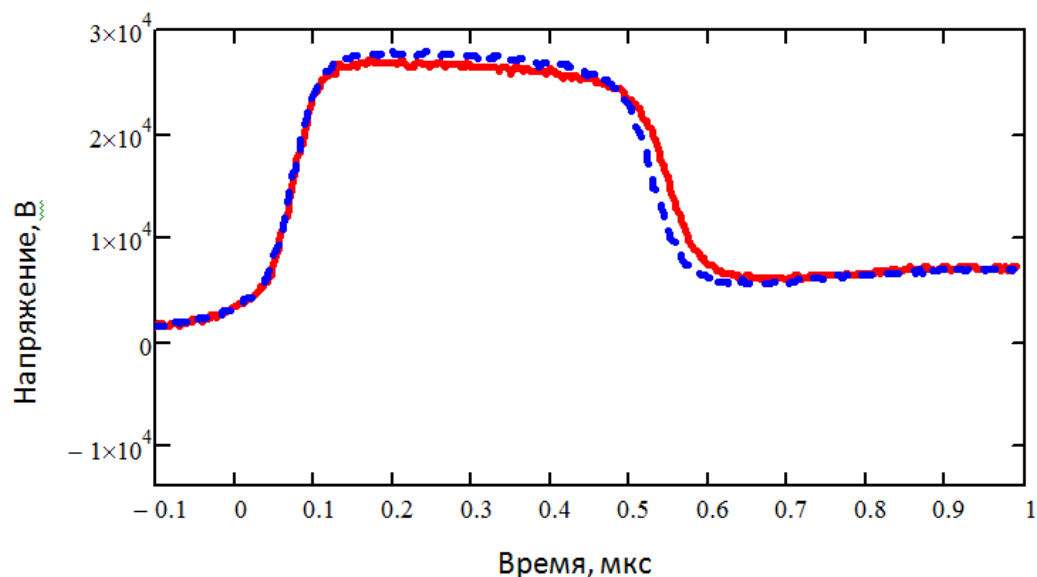


Рисунок 4 – Осциллограммы напряжения

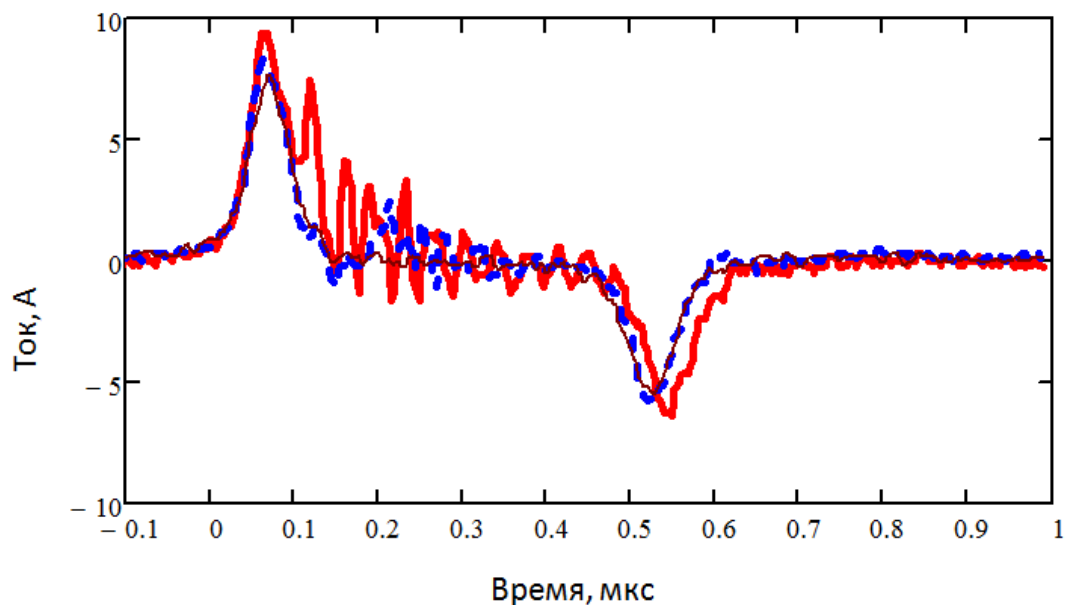


Рисунок 5 – Осциллограммы тока

Зависимости энергии импульса от времени представлены на рисунке 6. При отсутствии в реакторе угля разряд практически не зажигался. Введение в реактор угля приводило к зажиганию разряда, при этом мощность разряда при частоте 500 имп/с, составляла 3 Вт.

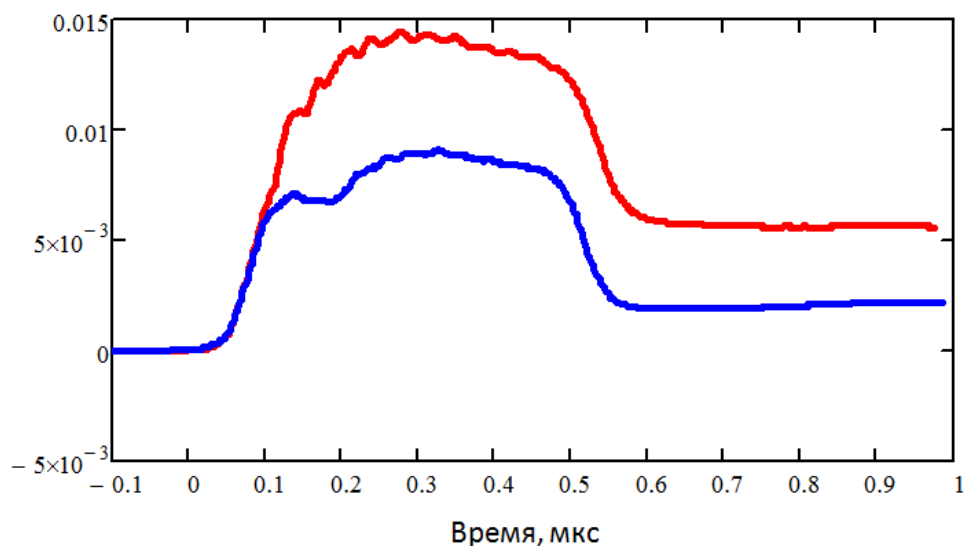


Рисунок 6 – Осциллограммы напряжения

2.2.1. Построение градуировочного графика метиленового голубого

Для построения графика необходимо пользоваться табл. 2

Таблица 2– Алгоритм построения градуировочного графика по МГ

Шаг 1	Готовим растворы сравнения: в 10 мерных колб, вместимостью 50 см каждая, вводят 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0 см раствора индикатора, после чего объемы доводят водой с температурой (20±2) °С до метки. Полученные растворы содержат в 1 дм соответственно 15; 30; 45; 60; 90; 120; 150; 180; 210; 240 мг/дм индикатора.
Шаг 2	Замер оптической плотности на фотоэлектроколориметре. Контрольный раствор – дистиллированная вода.
Шаг 3	Построение градуировочного графика зависимости оптической плотности от массовой концентрации растворов сравнения.

Проведение анализа

Около 0,1 г угля, предварительно высушенного по ГОСТ 12597-67, взвешивают (результат взвешивания в граммах записывают до третьего десятичного знака). Навеску угля помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, прибавляют 25 см³ раствора индикатора, закрывают пробкой и взбалтывают на аппарате для встряхивания жидкости в сосудах в

течение 20 мин. После взбалтывания угольную суспензию переносят в пробирки для центрифугирования и центрифугируют в течение 15 мин, осторожно отбирают пипеткой 5 см³ осветленного раствора и определяют его оптическую плотность на том же фотоэлектроколориметре. Если оптическая плотность осветленного раствора превышает 0,8 оптических единиц, то 5 см³ этого раствора переносят в мерную колбу вместимостью 25 или 50 см³ в зависимости от его оптической плотности. Раствор в колбе разбавляют дистиллированной водой до метки. Оптическая плотность раствора после разбавления должна быть от 0,1 до 0,8 оптических единиц. Коэффициент разбавления при этом будет равен 5 или 10. По полученному значению оптической плотности, пользуясь градуировочным графиком, определяют остаточную массовую концентрацию индикатора в осветленном растворе.

Таблица 3 – Данные и расчеты (исходный уголь)

№	1	2	3	4	5	6
m _{нав,г}	0,1012	0,1003	1,1009	0,1022	0,1005	0,1007
D (до адсорбц)	0,060	0,057	0,160	0,328	0,485	0,62
C _{о,мг/л} (до адсорбц)	6,74 5 мл	32,02 1 мл	89,89 1 мл	184,27 1 мл	272,47 1 мл	348,31 1 мл
D (после адсорбц)	0,027	0,045	0,074	0,130	0,257	0,227
C _{о,мг/л} (после адсорбц)	3,03	25,28	41,57	73,03	144,38	127,53

Таблица 4 – Данные и расчеты (уголь, насыщенный 350 импульсов)

№	1а	2а	3а	4а	5а	6а
m _{нав,г}	0,1036	0,1015	1,1014	0,1070	0,1048	0,1013
D (до адсорбц)	0,060	0,057	0,160	0,328	0,485	0,62
C _{о,мг/л} (до адсорбц)	6,74 5 мл	32,02 1 мл	89,89 1 мл	184,27 1 мл	272,47 1 мл	348,31 1 мл
D (после адсорбц)	0,089	0,075	0,122	0,259	0,417	0,542
C _{о,мг/л} (после)	10	42,13	68,54	145,51	234,27	304,49

адсорбц)						
----------	--	--	--	--	--	--

Обработка результатов

Сорбционную емкость (мг/г) рассчитывали по формуле:

$$A = \frac{(C_0 - C_p) \cdot V}{m}$$

Где C_0 – концентрация после адсорбции, мг/л;

C_p –

m – масса навески.

Степень регенерации оцениваем по адсорбционной емкости. Для этого снимается изотерма адсорбции.

2.2.2. Построение градуировочного графика фенола

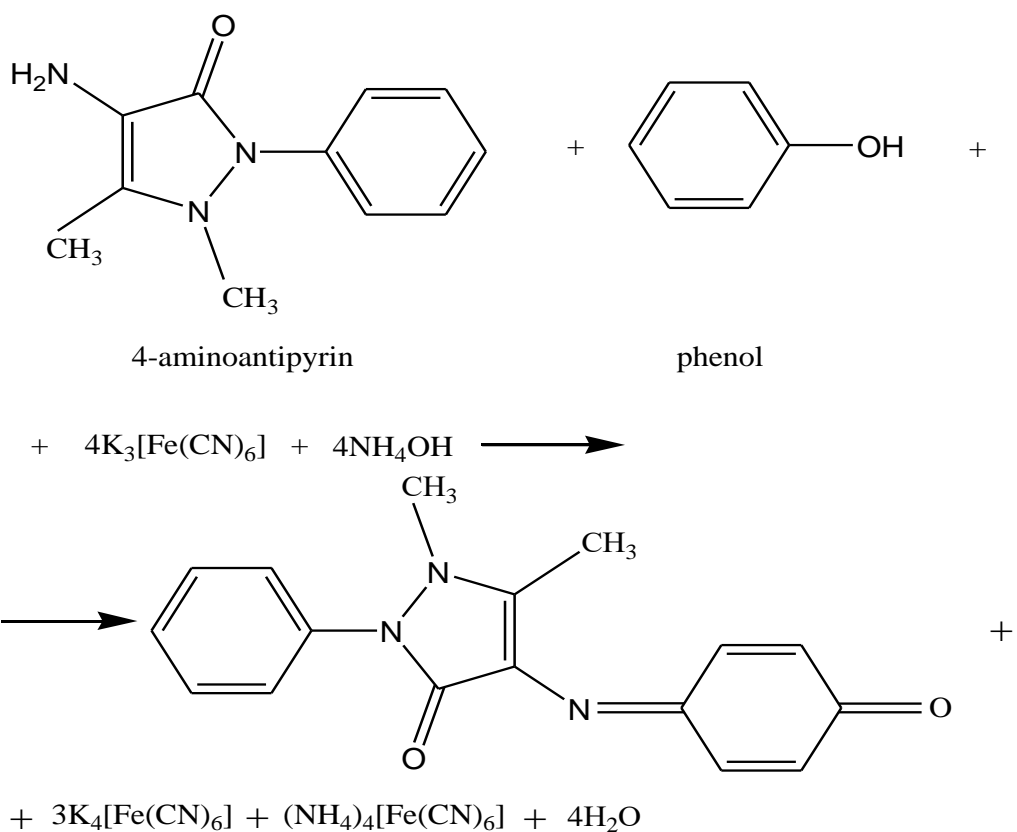
Для построения градуировочного графика по фенолу необходимо пользоваться алгоритмом по табл. 5.

Таблица 5 – Алгоритм построения градуировочного графика по фенолу

Шаг 1	Стандартный раствор фенола: растворяют 1 г фенола в одном литре воды, получают с концентрацию фенола 1 г/л.
Шаг 2	Рабочий раствор: разбавляют 1 мл стандартного раствора фенола дистиллированной водой до 100 мл, получают концентрацию фенола 1 мг/л.
Шаг 3	Приливаем 2% раствор 4-аминоантипирина.
Шаг 4	Приливаем 8% раствор гексацианоферрата(III) калия.
Шаг 5	Приливаем аммиачный буферный раствор с рН=10,0 (12,5 г хлорида аммония растворяют в 100мл 25% раствора аммиака).

Фотоколориметрическое определение фенола

Метод сформирован на создании окрашенного раствора фенола с 4-аминоантипирином в присутствии гексацианоферрата(III) калия при рН=10,0±2,0. Замер осуществлялся при длине волны 490 нм. Реакция фенола с 4-аминоантипирином протекает по схеме:



Построение калибровочного графика

В ряд мерных колб по 50 мл с помощью мерных пипеток наливают 1,0 мл; 2,0 мл; 3,0мл; 5,0 мл; 10,0 мл; 15,0 мл рабочего раствора фенола. Ещё одну колбу наполняют чистой дистиллированной водой. Затем в каждую из колб приливают цилиндра по 1,0 мл буферного раствора и по 2,0 мл раствора 4-аминоантипирина, перемешивают, приливают по 2,0 мл раствора гексацианоферрата(III) калия, доливают в каждую колбу дистиллированной воды до метки и снова хорошо перемешивают. Полученные растворы содержат в 1 литре 0,2 мг/л; 0,4 мг/л; 0,6 мг/л; 1,0 мг/л; 2,0 мг/л и 3,0 мг/л фенола в соответствие со взятым объемом рабочего раствора. Через 15 минут после приготовления с помощью фотоколориметра измеряют оптическую плотность (D) каждого из полученных растворов для света с длиной волны $\lambda=490$ нм. Полученные значения оптической плотности заносятся в таблицу 7.

Таблица 6 – Значения оптической плотности

№ колбы	1	2	3	4	5	6	7
Объем рабочего раствора, мл	0	1,0	2,0	3,0	5,0	10,0	15,0
Оптическая плотность, D	0	0,024	0,05	0,078	0,131	0,25	0,385

По данным таблицы строится калибровочный график, т.е. график зависимости оптической плотности (D) от концентрации фенола в растворе.

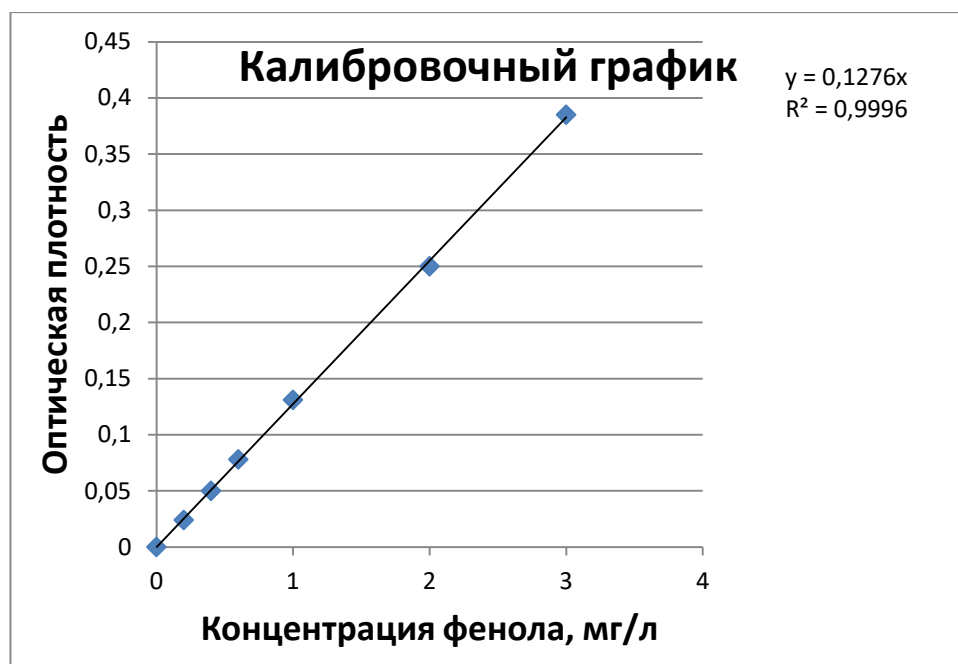


Рисунок 7 – Калибровочный график по фенолу

Ход определения концентрации фенола в анализируемом растворе:

а) В мерную колбу объемом 50мл, отбирают 5 мл исследуемой воды содержащий фенол, V1. Приливают 1,0 мл буферного раствора и 2,0 мл раствора 4-аминоантипирина, перемешивают, приливают 2,0 мл раствора гексацианоферрата (III) калия, доливают в колбу дистиллированной воды до метки и снова хорошо перемешивают. Через 15 минут измеряют с помощью фотоколориметра оптическую плотность (D) полученного окрашенного раствора для света с длиной волны $\lambda=490\text{нм}$ и с помощью калибровочного графика определяют концентрацию фенола в приготовленном растворе, C0. При расчете концентрации фенола в исследуемой пробе воды, C, следует учесть разбавление пробы, произведенное перед измерением оптической плотности. Это делается по формуле:

$$C = \frac{C_0 \cdot V}{V_1}, \quad (2.2)$$

C_0 – концентрация фенола в мг/л, полученная по калибровочному графику;

V – объем колбы, в которой готовится раствор для измерений (50мл);

V_1 – объем пробы исследуемой воды, в мл.

Глава 3. Результаты и обсуждения

3.1. Построение изотерм адсорбции метиленового голубого

Время обработки образцов угля, в искровом и импульсном барьерном разряде составляло 15 минут. Напряжение подавалось на электроды от высоковольтного генератора импульсов. Амплитуда напряжения составляла 18-20 кВ, энергия импульса 0,3 Дж, частота следования импульсов 350 с^{-1} .

Изотермы сорбции метиленового голубого определяли в интервале исходных концентраций $C_{\text{н}} = 6,74 - 348,31 \text{ мг/л}$.

В ходе проведения экспериментов были изучены следующие образцы: образец 1 – исходный уголь СКД-515, образец 2 – уголь СКД-515 после насыщения красителем, образец 3 – насыщенный уголь СКД-515, обработанный в искровом разряде, образец 4 – насыщенный уголь СКД-515, обработанный в барьерном разряде.

Результаты исследования структурных характеристик образцов представлены в таблице __. Насыщение угля метиленовым голубым предсказуемо снижает удельную поверхность и объем пор. В результате обработки насыщенного угля электрическими разрядами, эти характеристики также изменяются. При этом, обработка барьерным разрядом способствует дальнейшему уменьшению удельной поверхности, а обработка искровым разрядом частично восстанавливает удельную поверхность и объем пор.

Таблица 7 – Структурные характеристики образцов угля СКД-515

Наименование образца	Удельная поверхность $S_{\text{уд}}$, $\text{м}^2/\text{г}$	Объем пор P , $\text{см}^3/\text{г}$
Образец 1	653	0,28
Образец 2	562	0,23
Образец 3	609	0,26

На рисунке 8 приведены изотермы адсорбции образцов угля по отношению к метиленовому голубому. Кинетическая кривая адсорбции для образцов 1 и 4 имеет ступенчатый характер, что может свидетельствовать о прохождении адсорбции больших ионов метиленового голубого в два этапа. На первом этапе существенную роль играет массоперенос на границе раздела фаз и взаимодействие красителя с поверхностью угля, а на втором – внутренняя диффузия красителя в поры адсорбента, позволяющая красителю вновь адсорбироваться на внешней поверхности адсорбента.

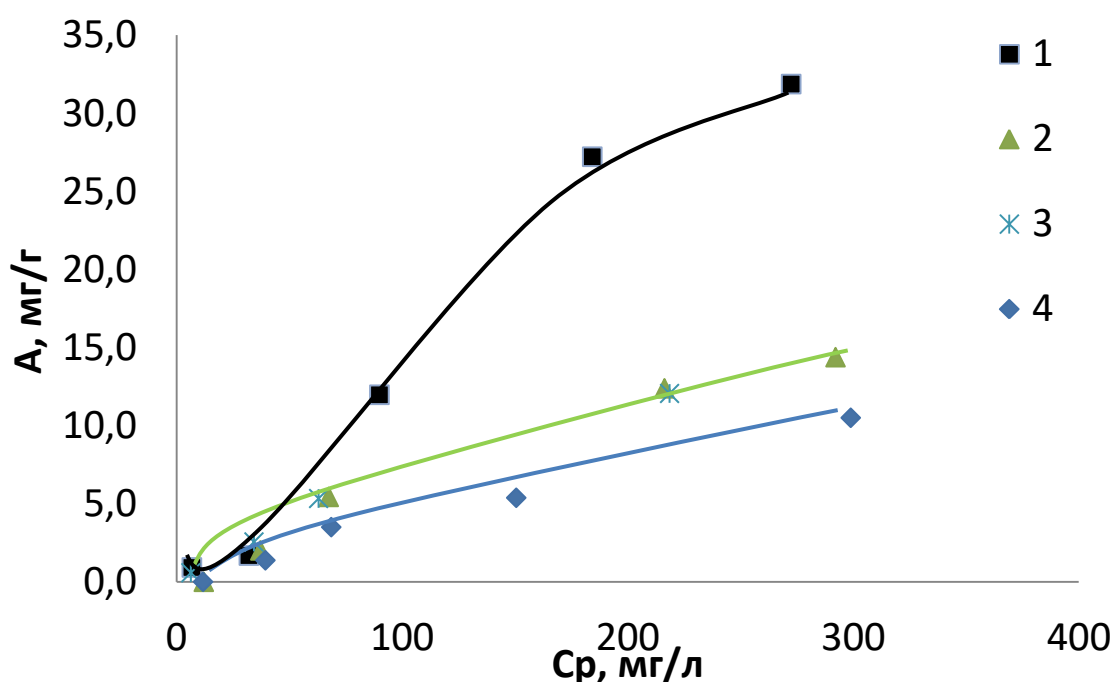


Рисунок 8 – изотермы адсорбции МГ в различных условиях

1 – исходный уголь; 2 – насыщенный уголь, обработанный искровым разрядом; 3 – насыщенный уголь, обработанный барьерным разрядом; 4 – насыщенный уголь без обработки.

Выводы:

1. Обработка угля электрическими разрядами приводит к регенерации (восстановлению сорбционной способности) угля.

2. Сорбционная емкость обработанного в электрических разрядах угля на 30-40% выше сорбционной емкости загрязненного угля.

3. Для более полной регенерации сорбента, по всей видимости, необходимо повышение энергозатрат, чего затруднительно достичь в имеющейся экспериментальной установке.

4. Обработка угля искровым разрядом приводила к заметному измельчению гранул угля. Дальнейшие эксперименты проводились с барьерным разрядом, который не оказывает механического воздействия на гранулы.

3.2. Построение изотерм адсорбции фенола

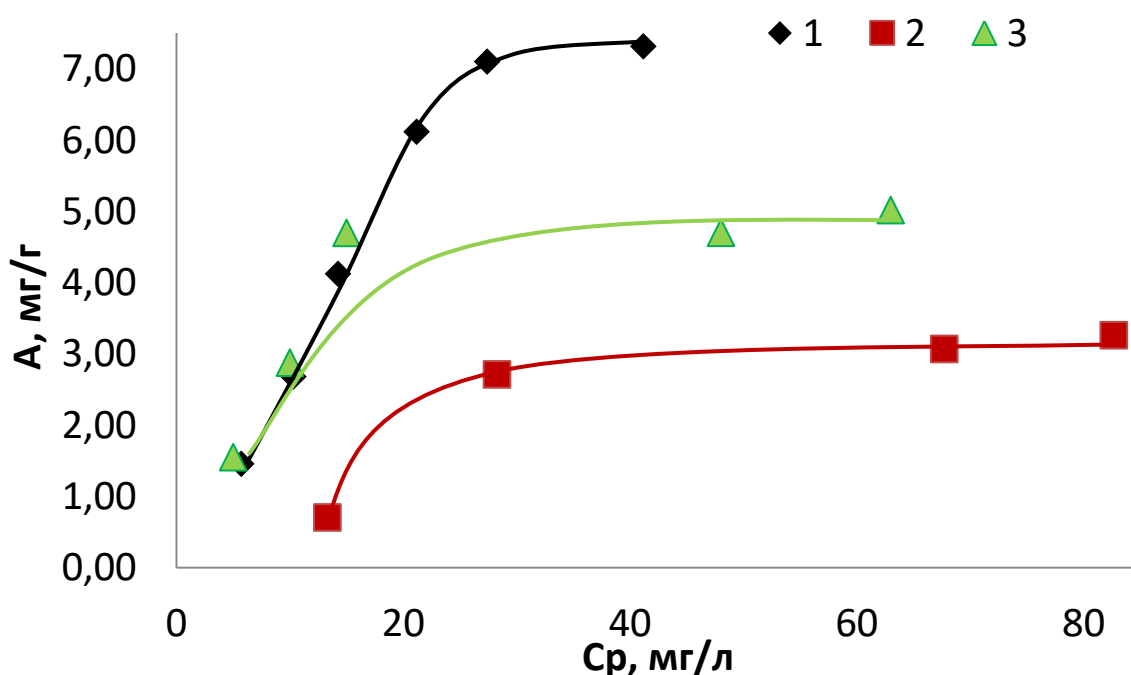


Рисунок 9 – Изотермы адсорбции по фенолу

1 – исходный уголь; 2 – насыщенный уголь, обработанный барьерным разрядом (200 имп/с); 3 – насыщенный уголь, обработанный барьерным разрядом (500 имп/с).

Выводы:

1. Барьерный разряд способствует регенерации сорбента
2. Сорбционная емкость угля после регенерации восстанавливается до 30-50% исходной сорбционной емкости.
3. Механизм окисления включает взаимодействие фенола с активными окислителями: озоном и гидроксильными радикалами.

4. На поверхности угля имеет место разложение озона с образованием активных частиц (атомарного кислорода, перекисных соединений).

5. Для повышения степени регенерации необходимо повышение энергозатрат, а также изучение механизма реакций в системе «электрический разряд – сорбент».

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данной научно-исследовательской работы является изучение возможностей регенерации сорбентов в электрических разрядах и получение эффективной технологии среди передовых регенерационных процессах.

4.1. Предпроектный анализ

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Целевой рынок – сегменты рынка, которые в будущем будут покупать продукт. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.


Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Будет произведено сегментирование коммерческих организаций по отраслям. Сегментирование приведено в табл.8.

Таблица 8– Карта сегментирования рынка передовых десорбционных технологий

Отрасли промышленности	Характеристика методов очистки		
	Высокая степень очистки	Безвредность	Экономичность
Химическая промышленность			
Нефтеперерабатывающая промышленность			
Предприятия энергетического комплекса			

 Вытеснительная десорбция

 Термическая десорбция

 Электроразрядная десорбция

Результаты сегментирования:

Рассматриваемая нами технология позволяет регенерировать сорбционные материалы с минимальными потерями, которые в последующем можно использовать заново, обеспечивая высокую степень очистки и не образуя большого количества отходов. Используемый метод

регенерации, основанный на электроразрядной десорбции, нашел применение в деградации загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах химической, нефтеперерабатывающей, энергетической промышленности. Изучение кинетики взаимодействия загрязняющих веществ с короткоживущими окислителями позволит оптимизировать очистку сточных вод ЭИР, что делает использование данного метода более производительным и рентабельным.

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

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 соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, приведенная в таблице 9.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений по окислению органических загрязнителей

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б эл/раз	Б выт	Б терм	К эл/раз	К _{выт}	К _{терм}
1	2	3	4	5	6	7	8
Критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Степень очистки	0,2	5	4	3	1	1	1
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Помехоустойчивость	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
4. Энергоэкономичность	0,1	5	3	4	0,5	0,5	0,1
5. Надежность	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
6. Уровень шума	0,05	4	4	5	0,25	0,25	0,15
7. Безопасность	0,1	4	2	3	0,5	0,5	0,3
8. Функциональная мощность	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
9. Простота эксплуатации	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
10. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
11. Цена	0,1	5	2	1	0,5	0,2	0,1

12. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	2	4	0,15	0,1	0,25
Итого	1	56	39	44	4,8	3,95	3,45

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 9, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. Данная разработка сравнивается с аналогами, которыми являются: вытеснительная десорбция (K1) и термическая десорбция (K2). Вытеснительная десорбция осуществляется путем вытеснения из адсорбента поглощенного вещества другим компонентом (например, водой), термическая десорбция – путем нагревания слоя адсорбента при пропускании через него десорбирующего агента (горячий воздух, инертный газ) или контактным нагревом (через стенку аппарата), в результате чего происходит выделение поглощенного компонента.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

Б_i – балл i -го показателя.

После проведенного анализа, можно сделать следующие выводы:

- При сравнении с аналогичными методами очистки данный метод является наиболее экономичным и удобным в эксплуатации и может заменить на рынке уже существующие аналоги.

- Преимуществом данного метода в первую очередь являются функциональная мощность, энергоэкономичность, простота и удобство эксплуатации.

4.1.3. SWOT-анализ

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, используемый для оценки факторов и явлений, влияющих на проект или предприятие. SWOT –

Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Все факторы делятся на четыре категории. Поскольку SWOT анализ в общем виде не содержит экономических категорий, его можно применять к любым организациям, отдельным людям и странам для построения стратегий в самых различных областях деятельности.

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.

К сильным сторонам можно отнести в первую очередь энергоэффективность и функциональную мощность данного метода. Процесс, который используется в данной технологии, не включает химического дополнения, показывает низкую энергоемкость и управляется во внешних условиях, этот факт должен быть особенно привлекательным в любой перспективе. Также проект снижает вред на окружающую среду, что в настоящее время является актуальной проблемой.

К слабым сторонам можно отнести в первую очередь дорогостоящее оборудование. Также установка имеет сложный источник питания с высоковольтным силовым преобразователем, что создает небезопасные условия труда в случае некомпетентности персонала. Одной из слабых сторон является, отработанный уголь на производстве, который нужно где то размещать и правильно утилизировать.

Основной возможностью является широкая область применения, что дает возможность для активной реализации проекта, как следствие – появление дополнительного спроса на новый продукт.

Угрозы: Возможны сложности со снижением стоимости комплектующих установки, как следствие – сложность найти заказчика. А также отсутствие финансирования.

Второй этап 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 интерактивную матрицу проекта. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Полученные данные представлены в таблице _.

Таблица 10 – Интерактивная матрица

		Сильные стороны					Слабые стороны		
		С1	С2	С3	С4	С5	Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	В1	+	+	+	+	+	-	-	-
	В2	+	+	+	+	+	-	-	-
Угрозы	У1	+	+	-	+	+	+	+	-
	У2	-	-	-	-	-	-	-	+

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей.

V1B2C1C2C3C4C5; U1C1C2C3Сл1Сл2; U2Сл3.

В рамках **третьего** этапа строится итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 11).

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Функциональная мощность. С2.Энергоемкость. С3. Удобство эксплуатации. С4.Снижение вреда для окружающей среды. С5. Актуальность проекта.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Высокие цены на оборудование. Сл2.Сложный источник питания Сл3. Отработанный уголь на производстве.
Возможности: В1.Широкая область применения. В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт.	V1B2C1C2C3C4C5 При совмещении сильных сторон и возможностей повышается конкурентоспособность разработки, что позволяет минимизировать воздействие на окружающую среду.	
Угрозы: У1. Невозможность снижения стоимости на	U1C1C2C3Сл1Сл2 Высокая стоимость оборудования оправдана	U2Сл3 Есть возможность обратиться

оборудование. У2. Трудности с поисками заказчика.	функциональными характеристиками, возможна окупаемость в короткий срок.	специализированную организацию, занимающуюся утилизацией активированного угля за небольшую стоимость.
--	---	---

Результаты проведенного SWOT-анализа будут учтены при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 12.

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	2	2
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	2	2
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	2
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	1	2
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	2
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	2
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	1	2

10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	3
12	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
13	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	1
14	Проработан механизм реализации научного проекта	2	2
ИТОГО БАЛЛОВ		25	27

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (4.2)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Результаты данной таблицы показывают среднюю перспективность данной разработки. Это обусловлено тем, что данная разработка находится на начальной стадии и полный анализ рынка еще не проводилось. Для продвижения на рынок необходимо разработать бизнес-план и привлечь спонсоров для финансирования.

4.2. Инициация проекта

4.2.1. Цели и результат проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или

результат, который планируется создать. Заинтересованные стороны проекта представлены в таблице 13:

Таблица 13 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Научно-исследовательские институты, лаборатории	Сочетание производительности и цены. Простота и более высокий срок эксплуатации.

Далее приводится информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей (таблица 14):

Таблица 14 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Изучить возможностей регенерации сорбентов в электрических разрядах; Получить эффективную технологию по передовым регенерационным процессам.
Ожидаемые результаты проекта:	Многочисленное использование активированного угля после регенерации в разряде с минимальными разрушениями.
Критерии приемки результата проекта:	Снижение значений концентрации загрязняющих веществ после адсорбции регенерированным углем
Требования к результату проекта:	Требование:
	Соответствие законодательству РФ в области охраны окружающей среды. Соблюдение мер безопасности в работе с электромагнитным излучением
	Экономическая целесообразность оптимизации процесса
	Эффективность усовершенствованной технологии

4.2.2. Организационная структура проекта

На данном этапе работы определяется, кто будет входить в рабочую группу данного проекта, и роль каждого участника в данном проекте. Также прописываются функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Данная информация представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час
1	Корнев Я.И., к.т.н., старший сотрудник лаборатории №12 ИФВТ ТПУ	Руководитель	Координирование деятельности	160
2	Немцова О.А., ассистент лаборатории №12 ИФВТ ТПУ	Эксперт	Консультирование	96
3	Буторина Д., магистрант каф. ЭБЖ	Исполнитель	Выполнение исследовательской работы	976
ИТОГО				1132

4.2.3 Ограничения и допущения проекта

В таблице 16 приведены факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта.

Таблица 16 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
1. Бюджет проекта	38635 руб.
1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
2. Сроки проекта:	18.09.2015 – 11.06.2017
2.1. Дата утверждения плана управления проектом	20.09.2015
2.2. Дата завершения проекта	11.06.2017

4.3. Планирование управления научно-техническим проектом

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

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы.

4.3.1. Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание

всего проекта. На рисунке – представлена иерархическая структура работ по проекту.



Рисунок 8 – Иерархическая структура проекта

4.3.2. Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты (таблица 17).

Таблица 17 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Выбор темы научно-исследовательской работы. Постановка цели и задач.	9.09.15-21.09.15	Приказ
2	Анализ литературы.	28.09.15-04.01.16	Отчет по НИР
3	Регенерация сорбционных материалов в разрядах	1.05.16-14.06.16	Публикация по теме НИР
4	Анализ полученных результатов	07.05.17-25.05.17	Доклады на конференциях.

4.3.3. План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы 18.

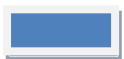
Таблица 18 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, раб. дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1.1	Выбор темы научно-исследовательской работы. Постановка цели и задач.	3	19.09.15	21.09.15	Корнев Я.И. Буторина Д.
1.2	Выбор объектов и методов исследования	10	23.09.15	15.01.17	Корнев Я.И. Немцова О.А. Буторина Д.
1.3	Анализ литературы	40	28.09.15	04.01.16	Буторина Д.
2.1	Отработка экспериментальной методики	10	01.02.17	18.02.17	Немцова О.А. Буторина Д.
2.2	Проведение сорбции (насыщение активированного угля)	40	20.02.17	25.04.17	Немцова О.А. Буторина Д.
2.3	Обработка угля в разряде	10	25.02.17	25.04.17	Немцова О.А. Буторина Д.
2.4	Математическая обработка результатов	15	28.02.17	30.04.17	Корнев Я.И. Немцова О.А. Буторина Д.
3.1	Анализ полученных результатов	10	07.05.17	15.05.17	Корнев Я.И. Буторина Д.
3.2	Написание статей, составление докладов	15	07.03.17	16.05.17	Корнев Я.И. Буторина Д.
3.3	Составление отчетов по НИР	25	1.02.17	01.06.17	Буторина Д.

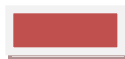
	ИТОГО	75			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. График проведения работ представлен в таблице 19.

Код работы	Вид работы	Исполнитель	Продолжительность работ																				
			сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	
1.1	Выбор темы научно-исследовательской работы. Постановка цели и задач.	р м	■																				
1.2	Выбор объектов и методов исследования	р э м	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
1.3	Анализ литературы	м	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
2.1	Отработка экспериментальной методики	э м																■					
2.2	Проведение сорбции (насыщение активированного угля)	э м																■	■	■			
2.3	Обработка угля в разряде	э м																■	■	■			
2.4	Математическая обработка результатов	р э м																	■	■			
3.1	Анализ полученных результатов	р м																			■	■	
3.2	Написание статей, составление докладов	р м																■	■	■			
3.3	Составление отчетов по НИР	м																■	■	■	■	■	



Руководитель



Эксперт проекта



Исполнитель (магистрант)

4.3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). Результаты представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Кол-во	Цена за ед-цу, руб	Сумма, руб
<i>Химические реактивы</i>			
Уголь СКД-515 (1кг)	1	102	102
Метиленовый голубой (100 г)	1	890	890
Фенол (100 г)	1	323	323
4 аминоантипирин (50 г)	1	650	650
Гексацианоферрат (III) (100 г)	1	100	100
Хлорид аммония (20 г)	1	50	50
Аммиак (40 мл)	1	20	20
Метиловый оранжевый (30 гр)	1	194	194
<i>Лабораторная посуда</i>			
Бюретка с прямым краном	1	216	216
Воронка лабораторная	1	68	68
Груша	1	35	35
Колба коническая	2	149	298
Колба круглодонная	2	120	240
Колба плоскодонная	10	212	2120
Мензурка стеклянная	1	185	185
Палочка стеклянная	1	22	22
Пробка стеклянная	4	22	88
Промывалка	1	355	355
Стакан лабораторный	4	46	184
Бумага фильтровальная	1	270	270
Перчатки	2	44	88

Халат лабораторный	1	450	450
Всего за материалы			6948
Транспортно-заготовительные расходы			10000
Итого по статье См			16948

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Таблица 21 – Расчет затрат по статье
«Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед-ц оборудования	Цена единицы оборудования, руб	Общая стоимость оборудования, руб
1	Электроимпульсная установка	1	600 000	600 000
2	Спектрофотометр НАСН DR/2000	1	310 000	310 000
3	Весы аналитические (ВСЛ-60)	1	164 850	164 850
4	Сушильный шкаф	1	29 500	29 500
5	Компьютер	1	31 000	31 000
Итого				1 135 350

Все оборудование для выполнения данной работы находилось в лаборатории.

Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.3)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (4.4)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m}{F_d}, \quad (4.5)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

F_d – действительный месячный фонд рабочего времени научно-технического персонала, равный 22 рабочих дня.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot k_p, \quad (4.6)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

$Z_b = 31434$ руб – базовый оклад руководителя,

$Z_b = 6976$ руб – базовый оклад магистранта,

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

Месячный должностной оклад научного руководителя:

$$Z_m = 31434 \cdot 1,3 = 40864,2 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад магистранта:

$$Z_m = 6976 \cdot 1,3 = 9068,8 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя:

$$Z_d = \frac{40864,2}{22} = 1857,46 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата магистранта:

$$Z_d = \frac{9068,8}{22} 412,2 \text{ руб.}$$

Расчёт основной заработной платы работников приведён в табл. 22.

Таблица 22 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{б}$ руб	k_p	$Z_{лб}$ руб	$Z_{дн}$ руб	T_p , раб.дн	$Z_{осн}$ руб
Науч. рук-ль	31434	1,3	40864,2	1857,46	156	289763,7
Магистрант	6976	1,3	9068,8	412,2	182	75020,4

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (4.7)$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты; , $k_{доп} = 0,15$

$Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

В табл. 23 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 23 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	289763,7	75020,4
Дополнительная зарплата	43464,55	11253,06
Зарплата исполнителя	333228,25	86273,46
Итого по статье Сзп	419 501,71	

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды. Суммарный процент общих страховых взносов равен 27,1%.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.8)$$

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

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot C_{\text{зп}} = 0,271 \cdot 419501,71 = 113684,963 \text{ руб.}$$

Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.9)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,8 \cdot 419501,71 = 335601,368 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости магистерской диссертации, которая представлена в таблице 24.

Таблица 24 – Калькуляция плановой себестоимости магистерской диссертации

№п/п	Наименование статей затрат	Сумма, руб
1	Сырье, материалы, комплектующие изделия.	6 948
2	Оборудование	1 135 350
3	Затраты на оплату труда работников, непосредственно занятых созданием НИОКР	419 501,71
4	Страховые взносы	113 684,96

5	Накладные расходы (80%)	335 601,368
	Итого себестоимость ВКР, руб.	2 011 086,04

4.3.5. Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (табл. 25).

Таблица 25 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Корнев Я.И, к.т.н, ст. преподаватель лаб-ии №12 ИФВТ ТПУ	Немцова О.А., ассистент лаб-ии №12 ИФВТ ТПУ	Буторина Д., магистрант каф. ЭБЖ НИ ТПУ
Подготовительный этап	О		И
Основной этап	О	У	И
Заключительный этап	У О	С	О И

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О)– лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

Последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информацию по данному разделу сведена в таблицу 26.

Таблица 26 - Реестр рисков

№ п/п	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
-------	------	---------------------------	-------------------------	---------------	---------------	-------------------------	---------------------

1	Неправильное регулирование частотой подаваемого импульса, температурой	Получение некорректных образцов	низкая	высокое	высокий	Делать пошаговые отметки о совершенных действиях по манипуляции данных параметров	Невнимательность исполнителя
	Нечистые реактивы и посуда	Получение загрязнённых Продуктов реакции	низкая	высокое	Средний	Использование химически чистых реактивов и посуды. Обязательная проверка перед опытом.	Невнимательность исполнителя
2	Ошибки при анализе данных	Получение неверного результата	низкая	высокое	средний	Проведение доп. Консультаций с экспертом.	Отсутствии е знаний у исполните
3	Ошибки при измерении	Получение неверного результата	средняя	высокое	высокий	Проводить каждые измерения по три раза.	Невнимательность исполнителя, неточность прибора

Уровень риска оценивается как: высокий, средний или низкий в зависимости от вероятности наступления и степени влияния риска. Риски с наибольшей вероятностью наступления и высокой степенью влияния будут иметь высокий уровень, риски же с наименьшей вероятностью наступления и низкой степенью влияния соответственно низкий уровень.

4.4. Определение ресурсосберегающей эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты

проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Анализируя все выше перечисленное можно прийти к выводу, что оптимизированная технология электроимпульсной очистки сточных вод представляет собой экономичный и энергоэффективный метод по сравнению с другими аналогами. Необходимо отметить, что основные расходы связаны с анализом образцов, а не с самой технологией. И достаточно длинный срок эксплуатации говорит о скором сроке окупаемости проекта.

4.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (4.10)$$

$$I_{\Phi B1}^p = \frac{1000}{2000} = 0,5, \quad I_{\Phi B2}^p = \frac{2000}{2000} = 1, \quad I_{\Phi B3}^p = \frac{500}{2000} = 0,25$$

где I_{Φ} - интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

Таблица 27 – Интегральный финансовый показатель разработки

№ п/п	Название образца	Цена за 1 кг	I_{Φ}^p
-------	------------------	--------------	--------------

		(тыс.руб)	
1	Вытеснительная десорбция	1000	0,5
2	Термическая десорбция	2000	1
3	Электроразрядная десорбция	500	0,25

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:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (4.11)$$

где I_m^a – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 28 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Вес критерия	Текущий проект	Аналог 1(ВД)	Аналог 2 (ТД)
1. Степень очистки	0,2	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	5	3	3
3. Помехоустойчивость	0,05	5	4	3
4. Энергоэкономичность	0,1	5	4	5
5. Надежность	0,05	5	4	5
6. Уровень шума	0,05	5	3	5
7. Безопасность	0,1	5	4	5
8.Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	5	4	4
9. Простота эксплуатации	0,1	5	4	4
10. Конкурентоспособность продукта	0,5	4	3	4
11. Цена	0,1	5	4	4

12. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	2	3
Итого	1	59	43	47

$$I_{\text{ТП}} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,05 = 4,85$$

$$\text{Аналог 1} = 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,05 = 3,8$$

$$\text{Аналог 2} = 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,1 = 3,75$$

$$I_m^p = \frac{59}{59} = 1; I_m^{a1} = \frac{43}{59} = 0,72; I_m^{a2} = \frac{47}{59} = 0,77$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и налога ($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}, I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a} \quad (4.12)$$

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{1}{0,25} = 4; I_{\text{финр}}^{a1} = \frac{0,72}{0,5} = 1,44; I_{\text{финр}}^{a2} = \frac{0,77}{1} = 0,77$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{ф}}^p}{I_m^a}, \quad (4.13)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{финр}}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

$$\mathcal{E}_{\text{ср}}^p = \frac{0,25}{1} = 0,25; \mathcal{E}_{\text{ср}}^{a1} = \frac{0,5}{0,72} = 0,69; \mathcal{E}_{\text{ср}}^{a2} = \frac{1}{0,77} = 1,3$$

Таблица 29 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,5	1	0,25
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,8	3,75	4,85
3	Интегральный показатель эффективности	1,44	0,77	4
4	Сравнительная эффективность	0,69	1,3	0,25

	вариантов исполнения			
--	----------------------	--	--	--

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Глава 5. Социальная ответственность

К социальной ответственности относятся соблюдение трудовой дисциплины, своевременная оплата труда, обеспечение льготами работников вредных производств, предоставление отпуска и многие другие мероприятия, регулируемые законодательством.

Основным и одним из самых важных условий обеспечения социальной ответственности при осуществлении работы любого предприятия является выполнение основ безопасности. Обеспечение социальной ответственности на предприятии - это совокупность мероприятий организационного и технического характера, которые направлены на предотвращение на производстве несчастных случаев и на создание безопасных условий труда.

С целью обеспечения охраны труда на предприятиях прикладываются все усилия для того, чтобы сделать труд работающих людей безопасным, а как итог, большие средства выделяются именно для осуществления этих целей.

Со своей стороны, работник должен пройти инструктаж и подписать соответствующие документы, обязывающие его соблюдать меры предосторожности и регламент технологического процесса.

Работники химической промышленности имеют дело с вредными и ядовитыми газами, жидкостями и пылящими сыпучими веществами, а также с высокими температурами и давлениями. Специальными законами и правилами по охране труда предусмотрены безопасные для трудящихся условия работы, герметичная аппаратура, вентиляция, изоляция горячих поверхностей и т. п.

В данном разделе изложены результаты анализа рабочего места лаборанта химической лаборатории – исполнителя, на предмет выявления вредных и опасных факторов, источников загрязнения окружающей среды и возникновения чрезвычайных ситуаций. Проведена оценка степени воздействия идентифицированных вредных и опасных факторов в процессе

производственной деятельности на работника, общество и природную среду. Предложены мероприятия по снижению их воздействий и защиты от них.

5.1. Профессиональная социальная безопасность

5.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.

Объектом исследования диссертации является гранулированный активированный уголь марки СКД-515.

Активный уголь марки СКД – это специальная марка угля, предназначенная для очистки питьевой воды от органических, хлорорганических соединений, тяжелых металлов, диоксинов, ксенобиотиков и др. Представляет собой гранулы цилиндрической формы черного цвета, изготовленные из тонкодисперсной пыли (смеси каменных углей) и связующего с последующей обработкой водяным паром при температуре 800—950°С. После отработки своего ресурса уголь СКД можно подвергать регенерации с высокой степенью восстановления адсорбционных свойств. В качестве сырья в производстве активированного угля используются материалы органического происхождения: древесина, каменный уголь, битумный уголь, скорлупа кокосовых орехов и др. Указанное сырьё сначала обугливают, затем подвергают активации.

Объект исследования не является источником опасных и вредных производственных факторов, негативного воздействия на лаборанта не оказывает.

5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.

Работники могут подвергаться воздействию опасных и вредных производственных факторов в соответствии с ГОСТ 12.0.003. и ГОСТ121038-82 ССБТ. В данной работе помимо химических факторов выступают факторы электробезопасности. Уровни предельно допустимых концентраций и уровней не должны превышать норму по ГОСТ 12.1.005.

Все выявленные вредные и опасные факторы на рабочем месте представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74и ГОСТ 12.10.38-82 ССБТ)	Нормативные документы
	<i>Вредные</i>	
Химический анализ, работа с установкой электроимпульсного разряда. Обработка результатов на ПК	Наличие паров органических веществ	ГОСТ 12.0.003-74
	Электромагнитные излучения	СанПиН 2.2.4. 548–96
	Отклонение показателей микроклимата в помещении	ГОСТ 12.1.006-84
	Недостаточная освещенность рабочей зоны	СНиП 23-05-95
	Шум	ГОСТ 12.0.003-74
	Высокое напряжение	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ
	Пожаровзрыво-опасность	ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ

Метеорологические условия рабочей производственной среды рекомендуются “Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий”. Нормами установлены оптимальные допустимые температуры воздушной среды, относительная влажность воздуха, скорость движения воздушных потоков в зависимости от характера помещения, времени года и категории выполняемых работ.

В соответствии с Сан ПиН 2.2.4.548-96 в химической лаборатории поддерживаются следующие параметры метеорологической среды:

- температура воздуха зимой 17-22°С;
- температура воздуха летом до 28°С;
- влажность воздуха 40-70 %;
- скорость движения воздушных потоков 0.2 м/с.

Для удаления избыточного тепла и влаги используется устройство обще обменной вентиляционной системы, в холодное время года вводится центральное отопление. В помещении производства предусмотрено

отопление. Используют водяное отопление, температура нагретых приборов не более 90°C, что исключает возможность ожога []

Освещение

Одним из важнейших элементов благоприятных условий труда является рациональное освещение помещений и рабочих мест. При правильном освещении повышается производительность труда, улучшаются условия безопасности, снижается утомляемость организма работающих.

В утреннее и вечернее время в качестве системы освещения применяется комбинированное освещение.

Источником искусственного освещения служат люминесцентные лампы, которые установлены непосредственно над рабочим местом. Они позволяют создать в помещении свет в 200 лк. В нормах освещенности для ряда помещений введен еще один нормируемый параметр: для рабочих мест, оснащенных мониторами устанавливаются требования к максимальной яркости тех поверхностей светильников, которые могут отражаться в экранах.

Шум и вибрация

В лаборатории источником механического шума могут быть: работающий аппарат и другое технологическое оборудование. Эти виды механического шума являются непостоянными и их уровень не превышает безопасного для здоровья работающих уровня, регламентируемого ГОСТом 12.1.003-90 и СН 3223-85, который составляет 75 дБ

Шум – механические колебания в области частот 16-20000Гц воспринимаются слуховым анализатором человека в виде звука. Для характеристики интенсивности звука установлена логарифмическая шкала уровней силы звука.

Вибрация – колебания упругих тел, аппаратов, машин, площадок, наблюдения при неправильной блокировке валов машин. Интенсивность вибрации зависит от частоты и амплитуды колебания. Частота колебаний более 16-20 Гц. При повышении частоты колебаний появляется шум.

Электробезопасность

Электроэнергия имеет широкое применение на заводе для питания электродвигателей, освещения. Наиболее опасным видом поражения является

электрический удар, который действует на мозговые центры, вызывает нарушение физиологических процессов сердечной деятельности, паралич.

Опасность поражения электрическим током зависит от:

- напряжения и силы тока;
- частоты тока;
- путей прохождения тока через организм человека;
- продолжительности воздействия на организм и состояния здоровья человека.

Безопасным для человека считается ток напряжением до 36 В. Ток напряжением до 60 Вт вызывает болезненное раздражение кожи и ожоги, свыше 100 Вт ток является опасным для жизни человека.

Поэтому всем работникам лаборатории электроимпульсной очистки сточных вод необходимо строго соблюдать правила электробезопасности, предусмотренные в институте химии.

Электрооборудование устанавливается в помещениях в искробезопасном исполнении. Основными мерами защиты человека от поражений током является:

- правильное устройство и эксплуатация электрооборудования;
- наличие защитных приспособлений и пусковых устройств;
- наличие блокировочных устройств;
- заземление – 40 м.

5.1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.

Для обеспечения нормальных метеорологических условий и поддержания теплового равновесия между телом человека и окружающей

средой в цехе проводится ряд мероприятий, основными из которых являются: устройства защитных экранов и обеспечение работающих спецодеждой.

Для удаления избыточного тепла и влаги используется устройство общеобменной вентиляционной системы, в холодное время года вводится центральное отопление.

Существуют следующие меры борьбы с шумом и вибрацией. Основными из них в соответствии с являются:

1. Изолирование технологических процессов и работ;
2. Применение средств индивидуальной и коллективной защиты;
3. Покрытие стен звукоизолирующим материалом;
4. Устранение причин шума и вибрации или существенное их ослабление в источнике образования;

Предусматривают следующие меры защиты персонала от электрического тока:

1. Обеспечение недоступности электрических сетей. Обеспечивается следующими способами: изоляцией, местом расположения, защитой металлической трубой.
2. Контроль за неисправностью изоляции.
3. Заземление металлических нормально нетоковедущих частей электрооборудования.
4. Знание правил техники безопасности и пользование защитными средствами.

При поражении человека электрическим током нужно его вынести на воздух, сделать искусственное дыхание.

Система мероприятий, направленных на нейтрализацию атмосферного электричества называется молниезащитой. Сооружения II категории от прямых ударов молнии защищаются молниеотводами, устанавливаемыми непосредственно на защищенном объекте. В качестве молниеприемника используют металлическую крышу с установкой спусков к заземлению не реже чем через 15-20 м по периметру.

5.2. Экологическая безопасность

5.2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.

В качестве объекта исследования были выбраны следующие загрязняющие вещества – фенол и отработанный активированный уголь. В ходе проведения экспериментальной части научно-исследовательской работы были выявлены следующие отходы, которые оказывают вредное воздействие на окружающую среду:

- при насыщении активированного угля фенолом (2класс опасности по ГОСТ12.1.005) концентрацией 10 мг/л;

- утилизация отработанных ртутные лампы, которые отнесены к I-му классу опасности для окружающей среды и подлежат обязательному обезвреживанию.

5.2.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.

Значения концентрации фенола были ниже предельно допустимых норм – в первую очередь, это говорит об отсутствии негативного воздействия на окружающую среду.

Количество отработанного активированного угля ничтожно мало (20 гр для одного эксперимента), что не оказывает негативного воздействия при утилизации вместе с бытовыми отходами.

Утилизация отработанных ртутных ламп осуществляется по требованию специализированной организацией.

5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

5.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.

При проведении эксперимента основной возможной ЧС является пожар. Возможные источники воспламенения: короткое замыкание в сети электрического тока и электрооборудования; нагревательные приборы (электрическая плитка). Для предотвращения возгорания проводится тщательная изоляция электропроводки и токоведущих частей оборудования,

а также заземление оборудования и термоизоляция нагревательных приборов.

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

Лаборатория должна быть оснащена пожарными кранами (не менее одного на этаж) с пожарными рукавами. В каждом рабочем помещении должны быть в наличии огнетушители и песок, а в помещениях с огнеопасными и легковоспламеняющимися веществами - дополнительные средства пожаротушения. В помещении лаборатории на видном месте должен быть вывешен план эвакуации сотрудников в случае возникновения пожара.

5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5.4.1. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

Требования охраны труда, предъявляемые к организации рабочего места лаборанта химического анализа (в т. ч. требования к производственным помещениям и площадкам), определены ПОТ Р М-004-97. Межотраслевые правила по охране труда при использовании химических веществ, утв. постановлением Минтруда России от 17.09.1997 № 44 (далее – Межотраслевые правила). Так, данными Межотраслевыми правилами закреплено, что рабочее место, его оборудование и оснащение, применяемые в соответствии с характером работы, должны обеспечивать безопасность, охрану здоровья и работоспособность работников.

Любое использование материалов допускается только при наличии гиперссылки.

Взаимное расположение и компоновка рабочих мест должны обеспечивать безопасный доступ на рабочее место и возможность быстрой эвакуации в аварийной ситуации

Любое использование материалов допускается только при наличии гиперссылки.

Размеры рабочего места и размещение его элементов должны обеспечивать выполнение рабочих операций в удобных рабочих позах и не затруднять движений работника.

Любое использование материалов допускается только при наличии гиперссылки.

Лица, работающие с химическими веществами, должны пройти профессиональный отбор, предусматривающий медицинское освидетельствование работающих и установление профессиональной (физиологической, психофизиологической, психологической и в отдельных случаях антропометрической) пригодности к безопасному выполнению работ.

Любое использование материалов допускается только при наличии гиперссылки.

Заключение

Анализ литературы показывает, что обработка воды электрическими разрядами является активно развивающимся направлением. Известно мало работ, посвященных активации сорбентов в плазме разряда. Таким образом, изучение процессов активации угля в импульсных разрядах является актуальной задачей.

В ходе выполнения практики собран и испытан макет установки по электроразрядной активации угля. Для активации угля использовали импульсный барьерный и искровой разряды

Регенерация угля после сорбции метиленового голубого выявила принципиальную возможность регенерации угля в обоих видах разряда. При этом, искровой разряд приводит к измельчению угля и, вероятнее всего, не может быть использован при регенерации.

Регенерация угля после сорбции фенола продемонстрировала возможность существенного повышения сорбционной емкости (до 50% исходной емкости).

Дальнейшее повышение сорбционной емкости возможно за счет повышения энергозатрат в обработку и концентрации активных частиц в разряде. Дальнейшие исследования целесообразно проводить в направлении изучения механизма реакций и масштабирования электроразрядной установки.

Список использованных источников

1. Чиркст Д.Э. Сорбция железа (2+) железомарганцевыми конкрециями // Журнал прикладной химии. – 2005. – Т. 78. – Вып. 4. – С. 599– 605.
2. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. – Л.: Химия, 1982. – 168 с.
3. Алыков Н.М., Павлова А.В., НгуэнКхань Зуй. Сорбционное удаление из воды ионов тяжелых металлов // Безопасность жизнедеятельности. – 2010. – № 4. – С.17–20.
4. Зыкова И.В., Лысенко И.В., Панов В.П. Адсорбция ионов меди керамической крошкой из бинарных и многокомпонентных растворов // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2004. – Т. 47. – Вып. 9. – С.151–152.
5. Морозов Д.Ю., Шулаев М.В., Храмова И.А., Хабибуллина Л.И. Исследование адсорбции очистки сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов // Химическая промышленность. – 2007. – Т. 84. – № 3. – С.141–144.
6. Морозов Д.Ю., Шулаев М.В., Емельянов В.М., Нуруллина Е.Н. Исследование адсорбционной очистки сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов // Вестник Казанского технологического университета. – 2004. – № 1. – С. 95–98.
7. Нестеров А.В. Очистка нефтесодержащих сточных вод сочетанием экстракционных и адсорбционных методов: Автореф. дис. канд. техн. наук.– Иваново, 2008. – 16 с.
8. Глазкова, Е. А. Извлечение нефтепродуктов из водных сред многослойными фильтрами: Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Томск, 2005.– 25 с.
9. Андреева, Н. П. применение комплексных сорбентов для очистки сточных вод от крупномолекулярных органических соединений и ионов тяжелых металлов / Андреева Наталья Петровна. – Москва. - 2006.

10. Теория и практика сорбционных процессов / Под ред. Е. В. Веницианова . – Воронеж, 1998. – Вып. 23. – 24 с.
11. Губайдуллина Т. А. Фильтрующий материал для очистки воды от марганца и железа, способ его получения и способ очистки воды от марганца и железа / Т.А. Губайдуллина // Экологические системы и приборы. - 2006 - №8 – С. 59-62.
12. Sun, B., Sato, M., & Clements, J. S. Use of a pulsed high-voltage discharge for removal of organic compounds in aqueous solution //Journal of Physics D: Applied Physics – V. 32 – 1999 – P.1908-1915.
13. Anpilov, A., Barkhudarov, E., Bark, Y., Zadiraka, Y., Christofi, M., Kozlov, Y., Temchin, S. Electric discharge in water as a source of UV radiation, ozone and hydrogen peroxide //Journal of Physics D: Applied Physics. – V. 34 – №6 – 2001 –P. 993-999.
14. Urashima, K., Chang, J., Ito , T. Reduction of NO from combustion flue gases by superimposed barrier discharge plasma reactors. // IEEE Trans. Indust. Appl. – V.33 – 1997 – P. 879-886.
15. Rosocha, L., Anderson, G., Bechtold, L., Coogan, J., Heck, H., Kang, M., Wantuck, P. Treatment of hazardous organic wastes using silent discharge plasmas. In B. Penetrante, & S. Schultheis (Eds.) //Non-thermal plasma techniques for pollution control – New York – Springer-Verlag – 1993 – P.281- 308
16. Dinelli, G., Civitano, L., Rea, M. Industrial experiments on pulse corona simultaneous removal of NO and SO from flue gas // IEEE Transactions on Industry Applications – V. 26 – №3 – 1990 – P. 535- 541. 105
17. Penetrante B. M., Brusasco R. M., Merritt B. T., Vogtlin G. E. Environmental applications of low-temperature plasmas // Pure Appl. Chem. – 1999. – Vol. 71. – No. 10. – P. 1829–1835.
18. Urashima K., Chang J.S. "Removal of volatile organic compounds from airstreams and industrial flue gases by non-thermal plasma technology // IEEE Trans. Dielect. & Elect. Insulation. – 2000. – Vol. 7. – P. 602-614.

19. Keping Y. Corona plasma generation: Ph.D. thesis. – TU Eindhoven, 2001. – 188 p.
20. Silent discharge plasma (SDP) for point-of-use (POU) abatement of volatile organic compounds (VOC)// SEMATEC report. – 1997. – 124 p.
21. Кожин И.В., Драгинский В.Л., Алексеева В.П. Особенности применения озона на водоочистных станциях России// Водоснабжение и санитарная техника. – 1997. – С. 2–6.
22. Malik M.A., Gaffar A., Malik S.A. Water purification by electrical discharges // Plasma sources science & technology. – 2001. – No. 10. – P. 82–91.
23. Akiyama H. Streamer discharge in liquids and their applications // IEEE trans on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 7, No.5, October 2000, P.646 – 652.
24. Hickling A. Electrochemical process in glow discharge at the gas-solution interface // Modern Aspects of Electrochemistry. – 1971. – P. 329-373
25. Schoenbach K.H., Joshi R.P., Stark R.H. Bacterial decontamination of liquids with pulsed electric fields // IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation. – Vol.7. – No.5. – P. 637–645.
26. Eliasson, B., Hirth, M., Kogelschatz, U. Ozone synthesis from oxygen in dielectric barrier discharges.// Phys. D: Appl. Phys. – 1987 – P 20.
27. Kornev, J. Electric discharge treatment of water containing organic substances. // Proceedings on the 7th Korea-Russia International Symposium – KORUS – Ulsan: Science and Technology – P.243-247
28. Kogelschatz, U., Eliasson, B., Egli, W. Dielectric-barrier discharges. Principle and Applications // Journal of Physics IV. – France – 1997 – P. 47-66.
29. Oda, T. Non-thermal plasma processing for environmental protection: decomposition of dilute VOCs in air. – Journal of Electrostatics – V.57. – 2003 – P.293-311.
30. Chang, J. Corona discharge processes. // IEEE Transactions on Plasma Science. – V.19 – №6 – 1991 – P.1152-1166.

31. Schoenbach K.H., Joshi R.P., Stark R.H. Bacterial decontamination of liquids with pulsed electric fields // IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation. – Vol.7. – No.5. – P. 637–645.
32. Русанов В.Д. Фридман А.А. Физика химически активной плазмы. – М.:Наука, 1984. – 415 с.
33. Королев Ю.Д., Месяц Г.А. Физика импульсного пробоя газа. – М.:Наука, 1999.– 224 с.
34. Callebaut T., Kochetov I., Akishev Y., Napartovich A., Leys C. Numerical simulation and experimental study of the corona and glow regime of a negative pin-to-plate discharge in flowing ambient air // Plasma Sources Science and Technology. – 2004. – Vol. 13. – No. 2. – P. 245 – 250.
35. Лозанский Э.Д., Фирсов О.Б. Теория искры. – М.: Атомиздат, 1975. – 272 с.
36. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Искровой разряд. – М.: Изд-во МФТИ, 1997. – 320 с.
37. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. – М.: Наука, 1987. – 592 с.
38. Creighton Y. L. Pulsed positive corona discharges. Fundamental study and application to flue gas treatment. PhD thesis. – TU Eindhoven, 1994. – 239 p.
39. Паншечный А.Ю. Развитие импульсно-периодических газовых разрядов в самосогласованном электрическом поле. Электронная кинетика и производство активных частиц: Дисс... канд. физ.-мат. наук. – Долгопрудный, 2001. – 130 с.
40. Самойлович В.И., Гибалов К.В., Козлов В.К. Физическая химия барьерного разряда. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 176 с.
41. Samaranyake W.J.M., Miyahara Y., Namihira T., Katsuki S., Hackam R., Akiyama H.. Ozone generation in dry air using pulsed discharges with and without a solid dielectric layer // IEEE transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. – 2001.– Vol.8. – No.4. – P. 687 – 697.

42. Дистанов У., Михайлов А. Природные сорбенты СССР. М.: Недра, 1990г. 208 с.
43. Арипов Э. А. Природные минеральные сорбенты, их активирование и модифицирование. Ташкент, 1970. 252 с.
44. Грязев Н.Н. Природные сорбенты Поволжья // Природные минеральные сорбенты. Киев: Изд-во АН УССР, 1960. С. 191-198.
45. Корнев Я. И., Осокин Г.Е., Галанов А.И., Прейс С. В. // Известия Вузов. Физика. – Т. 55. - № 6/2. – 2012. – с. 199 – 207.
46. Jie Chen, Xinchao Pan, Jianwei Chen. // Carbon. – 2013. – № 53. - p. 380 – 390.
47. Солдаткина Л.М., Сагайдак Е.В. // Химия и технология воды. – 2010. – Т. 32. - №4. – с. 380 – 387.

Приложение 1

Chapter 1. Literacy review

1.1. Water treatment based on electric discharges

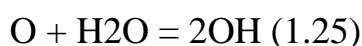
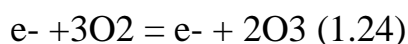
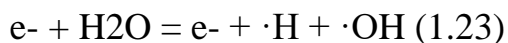
Electric discharge describes the passage of an electric charge through a material which does not normally conduct electricity. The dielectric medium could either be gaseous, liquid, or solid. Electric discharge is often accompanied with the formation of plasma which is an electrically neutral ionized gas. Perhaps the most common occurrences of plasma in nature are lightning and auroras. Lightning is the most frequently observed form of a spark discharge occurring at near-atmospheric pressure accompanied by an acoustic phenomenon, thunder. This kind of discharge, together with arc discharge, is called thermal plasma because all the energy density is solely in the discharge channel, thus resulting in very high temperatures.

Non-equilibrium or non-thermal plasma (NTP) on the other hand results from the application of a short-duration pulsed power to a gaseous gap at atmospheric pressure. The surrounding gas is kept at room temperature because the ionization degree is low and the electrons do not heat up the heavy particles (molecules and ions) efficiently. When an intense electric field is applied, a discharge is formed which causes the formation of self-propagating electron avalanches (known as streamers) within the gas volume. The plasma chemistry is driven by electrons causing ionization, molecule excitation, and production of radicals. It is for this reason that the application of NTP for chemical reactions in environmental applications has been continuously developed. From a practical point of view, plasmas that can be generated and maintained at atmospheric pressure rather than low pressure are more desirable.

The effectiveness of electrical discharges generated by high voltage has been proven to degrade pollutants in wastewater [16], and also for the disinfection of microbe-contaminated liquids [17]. The use of electrical discharge in gas has also been widely used for pollution control such as NO and SO_x removal from combustion gases or cleaning up of dust particles from particular industries [18-20].

In water, high voltage discharge induces a non-thermal plasma method for generating ozone and $\cdot\text{OH}$ radicals from oxygen and water. The energy input is small such that the temperature in the reactor does not increase significantly.

The following oxidation reactions produce the highly reactive oxidants:



The dissolved ozone in water can in turn decompose to form $\cdot\text{OH}$ radicals or react directly with the pollutants [21].

Non-thermal plasma is a viable technology for large-scale industrial application. By producing highly reactive species, the technique is able to degrade pollutants non-selectively, without necessity high temperatures or low pressures. The most known wastewater treatment techniques allowing operation at NTP conditions are dielectric barrier discharge (DBD) and pulsed corona discharge (PCD).

1.1.1. Dielectric barrier discharge

Dielectric barrier discharge (DBD) is typically generated between two electrodes with at least one covered in a dielectric layer. It consists of a number of single micro-discharges, uniformly distributed in the interelectrode gap due to the presence of dielectric barriers [22-23]. The dielectric layer stabilizes the discharge and prevents the formation of an arc between the electrodes and maintains an even distribution of microdischarges over the electrode surface by limiting the amount of charge [24]. Previous studies described dielectric barrier discharge as silent discharge since it does not blare as loud as the spark discharge in the air. Only alternating current (AC) or pulsed power supply can be applied to this system of electrodes. At gas pressures of one atmosphere, gap spacing (in millimetres) and the application of alternating high voltage (pulse repetition frequency range in tens of Hz to several kHz), a large number of micro- discharges spread in space and time over the electrode area and are created in the gas. The humidity in air increases the strength of the microdischarge.

Still widely used in ozone generators, the filamentary type of DBD was firstly applied in 1857 by Werner von Siemens for generating ozone to rid water of bacterial contaminants. It has however found a wide range of applications in the industry such as lamps or plasma TV displays. Environmental applications such as decomposition of dilute VOC's in air [25] have also been reported.

1.1.2. Pulsed corona discharge

Pulsed corona discharge is another technique to produce non thermal discharges utilizing high voltage pulses. Streamer properties in PCD are almost similar to those in DBD but the interelectrode distance is bigger in PCD. It uses an asymmetric electrode pair, where the discharge develops in the high field region near the sharp electrode and spreads out towards the cathode.

The characteristics of the ions producing the plasma depend on the polarity of the discharge and the characteristics of the gas mixture, specifically on the electron attaching species [26]. When the electrode with the strongest curvature is connected to the positive output of the power supply, the discharge that develops is a positive corona. In a wire-plate configuration, this may appear as a tight sheath around the electrode or as a streamer moving away from the electrode.

Initially used for electrostatic precipitators, the applications for corona discharge have expanded to a wide range of disciplines from decontamination of high volume air streams, destruction of toxic compounds and pollution abatement, generation of ozone, or semiconductor manufacturing. In cases such as application of the technology for military wastes (chemical and biological) or microbial inactivation, toxicological and eco-toxicological studies are still needed.

1.1.3. Discharge in gas

Despite the fact that any electric discharge in mixtures containing oxygen is a source of ozone and other active particles, in practice, for their production, discharges are most effectively used creating a nonequilibrium plasma whose average electron energy is much greater than the thermal energy of the molecules. The electron temperature is lower than the one determined from the Saha formula for electrons, but much higher than that determined from the same formula for ions

[32]. In the processes of excitation and dissociation of gas molecules by electrons, a wide spectrum of active particles is formed: ions and radicals, many of which are highly reactive. The energy spectrum of electrons is far from Maxwellian and is determined by the strength of the electric field, which allows one to specify the discharge parameters, in order to obtain the required composition of the particles. In a nonequilibrium plasma, reactions take place, under equilibrium conditions, proceed only at a temperature of tens of thousands of degrees.

In a gas at low pressures (of the order of 1 torr), a source of nonequilibrium plasma is a glow discharge. This type of discharge in all cases is characterized by the presence of a cathode voltage drop, which is necessary in order for the electrons to acquire the energy necessary to ionize the gas particles and create a plasma column. In a steady-state regime, discharge can exist only at low pressures, and the yield of active particles is negligible. In air or oxygen at atmospheric pressure, the development of instabilities leading to discharge contraction occurs in a very short time. To ignite a volumetric discharge at atmospheric pressure, special conditions must be created: a pulsed feeding regime, initial preionization, 33 and high rates of gas pumping through the gap, which makes practical use difficult. The most common form of a self-sustained discharge in a gas at atmospheric pressure is a spark test, which has been extensively studied in the literature [35, 36], but due to the high temperature and significant energy release in the spark channel, the efficiency of generation of active particles is extremely low. To create a nonequilibrium plasma at atmospheric pressure and temperature close to 300 K, the "transient" type discharges are used, consisting of a large number of low-power channels (streamers, microdischarges). The plasma in these channels is substantially nonequilibrium: the gas temperature is usually close to 300 K, and the electron energy is 1-10 eV. The most commonly used are the corona and barrier discharges.

1.2. Sorption cleaning methods

Adsorption is the adhesion of atoms, ions, or molecules from a gas, liquid, or dissolved solid to a surface. This process creates a film of the adsorbate on the

surface of the adsorbent. This process differs from absorption, in which a fluid (the adsorbate) is dissolved by or permeates a liquid or solid (the adsorbent), respectively. Adsorption is a surface-based process while absorption involves the whole volume of the material. The term sorption encompasses both processes, while desorption is the reverse of it. Adsorption is a surface phenomenon.

Similar to surface tension, adsorption is a consequence of surface energy. In a bulk material, all the bonding requirements (be they ionic, covalent, or metallic) of the constituent atoms of the material are filled by other atoms in the material. However, atoms on the surface of the adsorbent are not wholly surrounded by other adsorbent atoms and therefore can attract adsorbates. The exact nature of the bonding depends on the details of the species involved, but the adsorption process is generally classified as physisorption (characteristic of weak van der Waals forces) or chemisorption (characteristic of covalent bonding). It may also occur due to electrostatic attraction.

Adsorption is present in many natural, physical, biological, and chemical systems, and is widely used in industrial applications such as heterogeneous catalysts activated charcoal, capturing and using waste heat to provide cold water for air conditioning and other process requirements (adsorption chillers), synthetic resins, increase storage capacity of carbide-derived carbons, and water purification. Adsorption, ion exchange, and chromatography are sorption processes in which certain adsorbates are selectively transferred from the fluid phase to the surface of insoluble, rigid particles suspended in a vessel or packed in a column. Pharmaceutical industry applications, which use adsorption as a means to prolong neurological exposure to specific drugs or parts thereof, are lesser known.

Sorption purification from heavy metal ions from wastewater has been widely used as a result of the absence of secondary impurities and high purification efficiency.

Sorption processes are divided into: adsorption - deposition of elements on the outer part of the sorption material as a result of interaction at the molecular level; Extraction is the dissolution of elements in a solvent and subsequent

application to a sorption material. It is also an ionic exchange, which implies an inverse chemical reaction in the electrolyte with highly mobile cations or anions [2].

In the process of sorption, the most important role is played by physical and chemical contact between the adsorbent and the substance [3].

As a result, the effectiveness of the sorbent depends on the chemical composition, as well as on the composition of the pollutants involved in the sorption process.

The speed of the sorption process is determined by the rate of penetration of the substance in the solution to the surface of the sorbent through the water film that surrounds the material particles. The efficiency of the process can be increased by static sorption, that is, with stirring. Also, the sorption rate is influenced by parameters such as the size of the sorbent particles and the flow rate of the liquid to be purified through sorption loading [5].

More often, the sorption method is the final stage of water purification.

The processes of sorption can be carried out under static and dynamic conditions, the latter of which is most effective. The process, produced in static conditions, is performed by the method of stirring the water to be purified with the sorption material for some time and the subsequent separation of the sorption material from the water residues by centrifugation, sedimentation or filtration.

The process of sorption under mobile conditions is realized in adsorbers of different types. The process of water purification on granular materials takes place in apparatus with a moving and liquid layer [8].

1.2.1. Types of sorption materials

Adsorbents are used usually in the form of spherical pellets, rods, moldings, or monoliths with a hydrodynamic radius between 0.25 and 5 mm. They must have high abrasion resistance, high thermal stability and small pore diameters, which results in higher exposed surface area and hence high capacity for adsorption. The adsorbents must also have a distinct pore structure that enables fast transport of the gaseous vapors.

Most industrial adsorbents fall into one of three classes:

- Oxygen-containing compounds – Are typically hydrophilic and polar, including materials such as silica gel and zeolites.
- Carbon-based compounds – Are typically hydrophobic and non-polar, including materials such as activated carbon and graphite.
- Polymer-based compounds – Are polar or non-polar functional groups in a porous polymer matrix.

Silica gel

Silica gel is a chemically inert, nontoxic, polar and dimensionally stable (< 400°C or 750°F) amorphous form of SiO₂. It is prepared by the reaction between sodium silicate and acetic acid, which is followed by a series of after-treatment processes such as aging, pickling, etc. These after-treatment methods results in various pore size distributions.

Silica is used for drying of process air (e.g. oxygen, natural gas) and adsorption of heavy (polar) hydrocarbons from natural gas.

Zeolites

Zeolites are natural or synthetic crystalline aluminosilicates, which have a repeating pore network and release water at high temperature. Zeolites are polar in nature.

They are manufactured by hydrothermal synthesis of sodium aluminosilicate or another silica source in an autoclave followed by ion exchange with certain cations (Na⁺, Li⁺, Ca²⁺, K⁺, NH₄⁺). The channel diameter of zeolite cages usually ranges from 2 to 9 Å. The ion exchange process is followed by drying of the crystals, which can be pelletized with a binder to form macroporous pellets.

Zeolites are applied in drying of process air, CO₂ removal from natural gas, CO removal from reforming gas, air separation, catalytic cracking, and catalytic synthesis and reforming.

Non-polar (siliceous) zeolites are synthesized from aluminum-free silica sources or by dealumination of aluminum-containing zeolites. The dealumination process is done by treating the zeolite with steam at elevated temperatures,

typically greater than 500°C (930°F). This high temperature heat treatment breaks the aluminum-oxygen bonds and the aluminum atom is expelled from the zeolite framework

Activated carbon

Activated carbon is a highly porous, amorphous solid consisting of microcrystallites with a graphite lattice, usually prepared in small pellets or a powder. It is non-polar and cheap. One of its main drawbacks is that it reacts with oxygen at moderate temperatures (over 300°C).

Activated carbon can be manufactured from carbonaceous material, including coal (bituminous, subbituminous, and lignite), peat, wood, or nutshells (e.g., coconut). The manufacturing process consists of two phases, carbonization and activation. The carbonization process includes drying and then heating to separate by-products, including tars and other hydrocarbons from the raw material, as well as to drive off any gases generated. The process is completed by heating the material over 400°C (750°F) in an oxygen-free atmosphere that cannot support combustion. The carbonized particles are then "activated" by exposing them to an oxidizing agent, usually steam or carbon dioxide at high temperature. This agent burns off the pore blocking structures created during the carbonization phase and so, they develop a porous, three-dimensional graphite lattice structure. The size of the pores developed during activation is a function of the time that they spend in this stage. Longer exposure times result in larger pore sizes. The most popular aqueous phase carbons are bituminous based because of their hardness, abrasion resistance, pore size distribution, and low cost, but their effectiveness needs to be tested in each application to determine the optimal product.

Activated carbon is used for adsorption of organic substances and non-polar adsorbates and it is also usually used for waste gas (and waste water) treatment. It is the most widely used adsorbent since most of its chemical (e.g. surface groups) and physical properties (e.g. pore size distribution and surface area) can be tuned according to what is needed. Its usefulness also derives from its large micropore (and sometimes mesopore) volume and the resulting high surface area.