

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

Школа _____ Природных ресурсов _____
 Направление подготовки _____ 18.04.01 Химическая технология _____
 Отделение школы (НОЦ) _____ Химическая инженерия _____

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Адсорбция углеводородов растительными сорбентами

УДК 665.662.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ71	Егошина Анастасия Владимировна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ротарь О.В.	к.х.н. старший научный сотрудник		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О. А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина О. В.	д.т.н., профессор		

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять <i>глубокие</i> естественно-научные, математические и инженерные <i>знания</i> для создания <i>новых</i> материалов
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач
P3	Ставить и решать <i>инновационные задачи инженерного анализа</i> , связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать химико-технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области создания <i>новых</i> материалов, современных химических технологий, нанотехнологий
P6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать <i>глубокие знания</i> по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностраным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i>
P11	<i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности

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

Школа _____ Природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) _____ 18.04.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) _____ Химическая инженерия

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ71	Егошина Анастасия Владимировна

Тема работы:

Адсорбция углеводородов растительными сорбентами

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№10041 от 25.12.2017
---	----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования – растительный сорбент -скорлупа кедрового ореха</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аналитический обзор литературы Экспериментальная часть: изучение свойств сорбентов, исследование характеристик скорлупы кедрового ореха в зависимости от способов модификации. Обсуждение результатов выполненной работы Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» Раздел «Социальная ответственность» Раздел на иностранном языке</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Обзор литературы, Методы исследования, Результаты исследования</p>	<p>Доцент, старший научный сотрудник, к.х.н., Ротарь О.В.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент, к.т.н., Криницына З.В.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ассистент, Немцова О.А.</p>
<p>Обзор литературы на иностранном языке</p>	<p>Старший преподаватель, Якименко Е.В.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>На русском: раздел №3</p>	
<p>На английском: chapter №3</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>17.09.2017</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент отделения химической инженерии</p>	<p>Ротарь О.В.</p>	<p>к.х.н., старший научный сотрудник</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>2ДМ71</p>	<p>Егошина Анастасия Владимировна</p>		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И
РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ71	Егошина Анастасия Владимировна

Инженерная школа природных ресурсов		Отделение химической инженерии	
Уровень образования	Магистр	Направление	18.04.01 Химическая технология

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оценить стоимости материально-технических ресурсов для получения сорбентов с более усовершенствованными свойствами</i>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценить коммерческий и инновационный потенциал технологии получения сорбентов с более усовершенствованными свойствами</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Календарное планирование работ, построение диаграммы Ганта, оценка рисков, связанных с выполнением проекта</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определить ресурсную, финансовую и экономическую эффективность проекта</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
К.т.н., доцент социально гуманитарных наук	Креницына З. В.	К.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ71	Егошина Анастасия Владимировна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ71	Егошина Анастасия Владимировна

Инженерная школа природных ресурсов		Отделение химической инженерии	
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объектом исследования являются модифицированный природный сорбент скорлупа кедрового ореха. Сорбент исследуется на способность поглощать ионы тяжелых металлов и углеводороды из водных сред. <u>Объект исследуется по методике</u> определения адсорбционной способности по метиленовому голубому. <u>Рабочая зона:</u> лаборатория ТПУ</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. 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. 	<p>Работа производится по всем трудовым нормам и согласованна с трудовым кодексом РФ.</p>
<p>2. Производственная безопасность</p> <p>2.1. Анализ вредных факторов производственной среды</p> <p>2.2. Анализ опасных факторов производственной среды</p>	<p>Выявлена производственная безопасность разработки</p> <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> -азотная кислота. ГОСТ 4461-77 -серная кислота. ГОСТ 2184-2013 -перекись водорода. ГОСТ 10929-76 <p>При работе необходимо применять индивидуальные средства защиты (фильтрующие противогазы марок В, БКФ, спецодежда, резиновые перчатки, резиновые сапоги, фартук и защитные очки), а также соблюдать меры личной гигиены.</p> <p>В лаборатории используется следующая спецодежда и средства индивидуальной защиты: халат хлопчатобумажный, фартук прорезиненный, резиновые перчатки, очки защитные, респиратор.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Повышенная температура поверхностей оборудования ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ; - Недостаток естественного освещения. СП 52.13330.2011 - повышенный уровень шума ГОСТ 12.1.003–14 <p>Опасные факторы:</p>

	<p>-Электробезопасность ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ.</p> <p>-Пожароопасность. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); 	<p>-Воздействие на жилую зону нет.</p> <p>-Возможна контаминация воздушной среды парами уксусного ангидрида, азотной и серной кислоты.</p> <p>Необходимо работать в вытяжном шкафу при включенной вентиляции, утилизация отработанного материала непосредственно после опыта;</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>К чрезвычайным ситуациям относится возникновение пожара на рабочем месте в результате разлива ЛВЖ, облив химикатами, ожог кислотами и неисправностями в электрооборудовании.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ71	Егошина Анастасия Владимировна		

РЕФЕРАТ

Диссертация изложена на 119 страницах, включает 49 таблиц, 19 иллюстрации, 13 формул и состоит из введения, 5 глав, выводов, списка использованных источников из 37 наименований и приложения.

Ключевые слова: адсорбция, водопоглощение, гидрофобизация, нефть, ионы тяжелых металлов, плавучесть, сорбенты.

Объектом исследования является растительный сорбент – скорлупа кедрового ореха.

Цель работы – исследование процесса адсорбции углеводородов и ионов тяжелых металлов с водных поверхностей природными сорбентами. В процессе исследования были изучены адсорбционные, фильтрационные свойства скорлупы кедрового ореха.

В результате исследования определена адсорбционная емкость сорбента по метиленовому голубому, по йоду, по ионам меди (II); определены основные характеристики сорбента, а именно нефтепоглощение, адсорбция, плавучесть; проведена химическая и физическая модификация сорбента.

Область применения: нефтегазовая промышленность, машиностроение, металлоперерабатывающая промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы: применение скорлупы кедрового ореха для ликвидации разливов нефти или для удаления ионов тяжелых металлов является экономически выгодной и экологически безопасной технологией. Данный сорбент можно рекомендовать к использованию как один из наиболее дешевых сорбентов. Технологическое оборудование для проведения адсорбции может быть использовано в самом простейшем варианте.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 4-84. Углерод четыреххлористый технический. Технические условия.
2. ГОСТ 12.4.021 – 75. Системы вентиляционные. Общие требования.
3. ГОСТ 12.1.012 –90. ССБТ Вибрационная болезнь. Общие требования.
4. ГОСТ 12.1.003 - 88. Шум. Общие требования безопасности.
5. ГОСТ 12.1.012 – 98. Вибрация. Общие требования безопасности.
6. ГОСТ 12.1.029 – 80. Средства и методы защиты от шума
7. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
8. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
9. ГОСТ 12.4.009-83. Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.
10. ГОСТ 4453-74. Уголь активированный осветляющий древесный порошкообразный. Технические условия.
11. ГОСТ 4461-77. Реактивы. Кислота азотная. Технические условия.
12. ГОСТ 2184-2013. Реактивы. Кислота серная. Технические требования.
13. ГОСТ 9965-76. Нефть для нефтеперерабатывающих предприятий. Технические условия.
14. ТУ 214-10942238-03-95. Оценка эффективности сорбента.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

абсорбция: процесс избирательного поглощения компонентов газовой смеси жидким поглотителем (абсорбентом);

адсорбция: поглощение вещества из газообразной среды или раствора поверхностным слоем жидкости или твердого тела;

гидрофильность, гидрофобность: характеристики интенсивности молекулярного взаимодействия поверхности тел с водой;

плавучесть: способность сорбента удерживаться на водной поверхности.

Сокращения

НЕ – нефтеемкость;

МГ – метиленовый голубой;

АУ – активированный уголь;

ВП – водопоглощение;

СКО – скорлупа кедрового ореха;

НП – нефтепродукты.

Введение	15
Актуальность работы	15
1 Обзор литературы.....	18
1.1 Характеристика нефти	18
1.2 Влияние нефти на окружающую среду.....	20
1.3 Способы ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов с водных поверхностей	21
1.4 Характеристика тяжелых металлов	22
1.5 Влияние тяжелых металлов	24
1.6 Методы очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.....	24
1.7 Виды сорбентов	27
1.8 Требования, предъявляемые к сорбентам	28
1.9 Утилизация сорбентов после использования.....	29
2 Объекты и методы исследования	31
2.1 Объекты исследования	31
2.1.1 Скорлупа кедрового ореха	31
2.1.2 Характеристика целлюлозы	33
2.1.3 Характеристика красителя метиленового голубого.....	34
2.1.4 Характеристика сульфата меди.....	34
2.2 Методы исследования	36
2.2.1 Спектрофотометрическое определение адсорбционной способности сорбента по метиленовому голубому.....	36
2.2.2 Спектрофотометрическое определение адсорбционной способности сорбента по ионам меди (II).....	38
2.2.3 Спектрофотометрическое определение адсорбционной способности сорбента по йоду	39
2.2.4 Определение характеристик сорбента	40
2.3 Способы модификации сорбента.....	42
2.3.1 Физическая модификация	42
2.4.2 Химическая модификация.....	43

3	Результаты исследований	44
3.1	Определение сорбционной способности различных сорбентов	44
3.2	Определение нефтеемкости скорлупы кедрового ореха	47
3.3	Исследование зависимости процесса сорбции от дисперсности сорбента 48	
3.4	Определение плавучести скорлупы кедрового ореха.....	51
3.5	Исследование сорбции ионов меди (II) в различных динамических условиях.....	52
3.6	Результаты воздействия на сорбент низких температур.....	52
3.7	Результаты воздействия на сорбент высоких температур	53
3.8	Результаты обработки сорбента азотной кислотой	55
3.9	Результаты обработки сорбента перекисью водорода	56
3.9	Сравнительный анализ модификация СКО	57
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	59
4.1	Предпроектный анализ.....	59
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	59
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений	60
4.1.3	Диаграмма Исикавы.....	62
4.1.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации	63
4.1.5	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	65
4.1.6	Инициация проекта.....	65
4.1.7	Цели и результат проекта	65
4.1.8	Организационная структура проекта.....	66
4.1.9	Ограничения и допущения проекта	67
4.1.10	Планирование управления научно-техническим проектом	68
4.1.11	План проекта	68
4.1.12	Бюджет научного исследования	66
4.1.13	Организационная структура проекта.....	71
4.1.14	Матрица ответственности	72

4.1.15	План управления коммуникациями проекта	73
4.1.16	Реестр рисков проекта	73
4.1.17	План управления контрактами и поставками.....	74
4.2	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	75
4.2.1	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	75
5	Социальная ответственность	79
	Введение	79
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	80
5.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	80
5.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	81
5.2	Производственная безопасность	82
5.2.1	Анализ вредных факторов производственной среды	83
5.2.2	Освещение	86
5.2.3	Превышение уровней шума	88
5.2.4	Повышенная температура поверхностей оборудования.	89
5.2.5	Электробезопасность	89
5.2.6	Пожаровзрывобезопасность	90
5.3	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	91
5.3.1	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	91
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	93
5.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	93
5.4.2	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	94
	Список публикаций	96
	Список литературы	98
	Приложение	102

Введение

Актуальность работы

Мониторинг состояния окружающей среды и отдельных ее компонентов является важным направлением природоохранной деятельности. В условиях современного функционирования отрасли добывающей и перерабатывающей промышленности загрязнение окружающей среды химическими веществами играет существенную роль в формировании экологической обстановки на любой территории.

С развитием промышленности и растущими потребностями населения планеты в природных ресурсах увеличилось поступление химических элементов в окружающую среду. Существуют случаи, когда поступление химических веществ в окружающую среду в результате техногенеза превышало естественный уровень их поступления. При попадании в воду или почву, происходит миграция в различные объекты биосферы, будь то растительность или фауна, включая человека, и концентрируются в них. В связи с этим важной задачей является надежное определение токсичных химических веществ в компонентах естественной среды обитания с целью принятия мер по устранению негативного воздействия на окружающую среду.

Важная экологическая проблема на сегодняшний день представляет собой попадание углеводородов на водные поверхности. Одной из главных причин является аварийность систем трубопроводного и железнодорожного транспорта нефти и нефтепродуктов.

Нефть из-за своих свойств не растворяется в воде и влечет за собой проблему для окружающей среды. Обладая гидрофобностью и плотностью меньше, чем у воды, нефть представляет собой серьезную угрозу для экосистемы.

Поэтому проблема очистки вод - самая актуальная в области экологической безопасности и наиболее действенной мерой в решении данной

проблемы является предварительная очистка и предотвращение попадания в водоемы нефтепродуктов и других загрязняющих веществ-тяжелых металлов.

С другой стороны, уровень концентрации тяжелых металлов, который постоянно растет, считается самой серьезной проблемой загрязнения окружающей среды. Особая угроза здоровью человека носит постоянный характер этого типа загрязнения, а также тот факт, что тяжелые металлы легко включаются в пищевую цепь.

Причиной данной проблемы является рост промышленной отрасли: горнодобывающая промышленность, черная и цветная металлургия, гальваника, а также кожевенные заводы и производство аккумуляторов. Все это прямо или косвенно ведет к увеличению концентрации тяжёлых металлов в среда.

Тяжелые металлы оказывают токсичное воздействие на растительные и живые организмы. Усиливает их опасность для человека и то, что они имеют тенденцию к накапливанию в пищевых цепочках. Таким образом, загрязнение водной среды ионами тяжелых металлов и углеводородами является опасной проблемой для всей биосферы и в целом для человека. Это создает необходимость строгого контроля за их поступлением и концентрацией в окружающей среде, что требует использования на практике высокоэффективных методов очистки сточных вод.

Тяжелые металлы могут быть удалены из водных источников с помощью ряда методов и механизмов: химическое осаждение, ионный обмен, адсорбция, мембранные процессы, коагуляция и флокуляция, а также флотация или электрохимическая методы. Углеводороды могут быть удалены механическими и химическими методами, так же применяются коагуляция, окисление, адсорбция, экстракция. Однако сорбция оказалась одновременно чрезвычайно эффективный и экономичный процессом в сравнение с другими методами в обоих случаях.

Существует большое количество сорбентов промышленного и растительного происхождения. Однако, первая группа сорбентов имеют

высокую стоимость. Растительные отходы имеют низкую цену, но и низкую адсорбционную способность. Кроме того, многие из сорбентов гидрофильны и не могут эффективно использоваться для сбора органических веществ с поверхности воды.

Таким образом, разработка эффективных методов очистки вод от тяжелых металлов и углеводов является актуальной задачей.

Объектом исследования является природные целлюлозосодержащие сорбенты растительного происхождения.

Целью работы: способы модификации целлюлозосодержащих сорбентов.

Для решения этой задачи было необходимо исследовать свойства различных целлюлозосодержащих сорбентов и определить их основные характеристики.

Научная новизна:

1. Определена адсорбционная емкость скорлупы кедрового ореха по йоду и метиленовому голубому;
2. Определена нефтеемкость и плавучесть скорлупы кедрового ореха;
3. Проведена модификация скорлупы кедрового ореха с целью повышения адсорбционной способности, увеличения плавучести и нефтеемкости.

Практическая значимость.

1. Разработан способ получения сорбента, обладающего высокой сорбционной способностью.
2. Получены опытные данные, характеризующие сорбент, которые позволяют оценить его сорбционную емкость.
3. Выполнен сравнительный анализ различных видов сорбентов по их основным характеристикам.
4. Проанализирована потребность в данном сорбенте для сорбции тяжелых металлов и ликвидации аварийных разливов нефти.

1 Обзор литературы

1.1 Характеристика нефти

Углеводородами в нефти являются в основном алканы (парафины), циклоалканы (нафтены) и различные ароматические углеводороды, кроме того, другие органические соединения содержат азот, кислород и серу, а в малых количествах содержатся металлы, такие как железо, никель, медь и ванадий.

Доля химических элементов меняется в достаточно узких пределах следующим образом:

Таблица 1 – Химический состав сырой нефти [1]

Элемент	Процентный диапазон
Углерод	от 83 до 87%
Водород	от 10 до 14%
Азот	от 0.1 до 2%
Кислород	от 0.05 до 1.5%
Сера	от 0.05 до 6.0%
Металлы	< 0.1%

Четыре различных вида молекул углеводорода содержатся в сырой нефти.

Таблица 2 – Различные виды молекул углеводорода

Углеводороды	Средний диапазон
Парафины	от 15 до 60%
Нафтены	от 30 до 60%
Ароматические	от 3 до 30%
Асфальтены	остаток

Свойства сырой нефти существенно зависят от происхождения и соотношения различных компонентов в ее смеси.

Легкие сорта сырой нефти обычно дают более ценные легкие и средние дистилляты, и реализуется по наиболее высокой цене. Нефти, содержащие высокий процент примесей, таких как соединения серы, менее желательны, чем нефти с низким содержанием серы, из-за своих коррозионных свойств и дополнительных затрат на очистку.

Ниже приведены некоторые из наиболее важных критериев, используемых для определения свойств нефти.

Плотность нефти в зависимости от массовой доли ее компонентов варьируется от 730-1040 кг/м³.

Более значимой единицей, используемой в нефтяной промышленности, является *удельный вес*, который представляет собой отношение массы данного объема вещества к массе такого же объема воды, измеренные при одинаковой температуре. Удельный вес используется для вычисления массы сырой нефти.

Вязкость представляет собой меру сопротивления жидкости потоку. Вязкость образца нефти в значительной степени определяет ее пригодность в коммерческих целях.

Легкая нефть ценится инженерами-нефтяниками за способность выступать в качестве идеальной жидкости. Менее вязкая нефть, например, легкая малосернистая, может улучшить качество моторных масел, которые обеспечивают смазку и защиту чувствительной техники в широком диапазоне температур.

Тяжелая сырая нефть считается более распространенной и содержит больше энергии на единицу объема в связи с ее высокой концентрацией углеводородов. Из-за этого, она идеально подходит для массового применения.

Содержание соли выражается в миллиграммах хлорида натрия на литр нефти (или в фунтах/баррель), указывает количество соли, растворенной в воде. Вода в сырой нефти в основном присутствует в эмульгированной форме. Повышенное содержание соли в нефти создает серьезные проблемы с коррозией во время переработки.

Зольность указывает на количество металлических частиц в сырой нефти. Зола, оставшаяся после сжигания нефти, обычно состоит из устойчивых солей металлов, оксидов металлов и оксида кремния.

1.2 Влияние нефти на окружающую среду

Нефть играет значительную роль в нашем обществе. Помимо того, что нефть является важным источником энергии, нефтепродукты служат сырьем для огромного количества товаров народного потребления, тем самым играя все большую и значимую роль в жизни людей.

С другой стороны, нефтяная промышленность имеет большое количество опасностей для окружающей среды и может негативно влиять на экосистему на разных уровнях: на воздух, воду, почву, и, следовательно, на всех живых существ на нашей планете. Загрязнение связано практически со всей деятельностью на всех этапах добычи нефти и газа, от исследовательской деятельности до нефтепереработки.

Загрязнение водных объектов и участков суши углеводородными соединениями составляет собой большую проблему окружающей среды.

Нефть, как гидрофобные (неполярные) соединения, не растворяется в гидрофильных (полярных) растворителях, таких как вода. Это влечет за собой проблемы для окружающей среды, поскольку они распадаются медленнее, чем водорастворимые соединения.

Разлитая нефть представляет серьезную угрозу пресной воде и морским средам. Разлитая нефть может нанести вред окружающей среде несколькими способами, включая физические повреждения, которые непосредственно влияют на дикую природу и среду обитания (например, покрытия птиц или млекопитающих слоем нефти), а также токсичность самой нефти, которой могут подвергнуться живые организмы.

Серьезная угроза исходит от нефтяного загрязнения на подземные воды. Когда происходит разлив нефти, или сброс сточных вод, нефть просачивается в землю и смешивается с системой грунтовых вод.

Промышленность 21 века на сегодняшний день не может отказаться от добычи и использования нефти. Углеводороды являются важной составляющей нефтехимического комплекса любой страны.

Последствия разливов нефти на окружающую среду имеют далеко идущие последствия, которые, в конечном счете, влияют на людей. Поэтому, контролю за нефтью должно уделяться большое внимание. Пока мы находимся в зависимости от нефти и нефтепродуктов, разливы нефти неизбежны. Только за счет тщательного контроля добычи нефти и предотвращения разливов можно будет достигнуть экономические и экологические выгоды.

1.3 Способы ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов с водных поверхностей

На сегодняшний день существует ряд различных способов, которыми можно осуществить ликвидацию аварийных разливов нефтепродуктов с водных поверхностей.

Самый простой, но экономически невыгодный метод заключается в применении специальных заграждений. Такие заграждения концентрируют нефтяное пятно в одной месте и далее происходит его дальнейшая откачка с помощью специальных машин. Способ механического сбора нефти не представляет угрозы для экосистемы, но является экономически невыгодным, так как с откачкой нефтепродуктов, происходит откачка большого количества воды.

Второй способ нацелен на применение химических средств, главной функцией которых является разрешение сложных молекул углеводородов. Ряд химических детергентов (в основном применяются вещества на основе ПАВ) используется для того, чтобы растворить нефтяную структуру и сделать

нефть более растворимой в воде. В результате образуются водорастворимые мицеллы с нефтяным ядром и с поверхностью в виде детергента [2].

Однако использование детергентов связано с проблемой окружающей среды. Большинство применяемых химических веществ по своей природе являются токсичными. Такой метод не удаляет углеводороды из воды, а просто растворяет нефть в воде.

Третьим способом, используемым для решения проблем, возникающих в связи с разливом нефти, является сорбция. К сожалению, на сегодняшний день самыми востребованными материалами являются синтетические сорбенты. Они обладают высокой нефтеемкостью и плавучестью, имеют низкую цену. Но главным недостатком таких сорбентов является их неспособность к утилизации или переработке.

Чтобы быть эффективными в борьбе с разливами нефти, сорбенты должны быть как олеофильными, так и гидрофобными. Хотя они могут быть использованы как единственный метод очистки при малых разливах, сорбенты чаще всего применяют для удаления оставшихся следов нефти, или в местах, которые не могут быть достигнуты скиммерами.

Загрязнитель закреплен на сорбенте двумя процессами:

- адсорбция: удерживание загрязняющего вещества на поверхности сорбента;
- абсорбция: удерживание загрязняющего вещества внутри самого сорбента.

При контакте с загрязняющим веществом, сорбент поглощает его подобно губке.

1.4 Характеристика тяжелых металлов

В классификации химических элементов тяжелые металлы входят в приоритетную группу загрязнителей, которые в большей степени вызывают деградации окружающей среды. Список тяжелых металлов состоит из более 40 элементов, атомная масса которых превышает 50 а.е.м. Большая часть этих

элементов, входят в состав многих ферментов, которые имеют важное биологическое значение для живого организма.

С одной стороны, тяжелые металлы являются редким и ценным сырьем для различных отраслей промышленности. В наибольшей степени это характерно для меди, цинка и свинца. С другой стороны, тяжелые металлы при избыточном попадании в окружающую среду проявляют себя как токсиканты и экотоксиканты. При этом к токсиканты оказывают вредное воздействие на отдельный организм, а экотоксиканты воздействуют негативным образом на экосистему в целом.

К основным факторам антропогенного загрязнения можно отнести: выбросы промышленности, транспорт, сельскохозяйственные химикаты, заводы цветной и черной металлургии.

Воды, расположенные вблизи промышленных предприятий различного профиля, содержат токсичные элементы в количествах, превышающих ПДК в десятки и сотни раз.

Таблица 3 – Загрязнение воды тяжелыми металлами вокруг предприятий цветной и черной металлургии [3]

Расстояние, км	Содержание Pb в воде, мг/кг	Содержание Zn в воде, мг/кг	Содержание Cd в воде, мг/кг
Вблизи	1600	3500	60
До 5	950 – 500	600 – 700	7 – 8
5 – 10	50 – 105	140 – 190	1 – 2
10 – 15	65 - 80	90 - 120	1 – 1,6

В целом, выбросы являются значимым источником тяжелых металлов для районов с территорией близко прилегающих к промышленным предприятиям. В то же время ситуация может быть иной в районе производств, которые не имеют эффективных систем очистки промышленных выбросов или где велик объем выбросов.

Можно сделать вывод, что проблемы с выбросами свойственны городам с развитой добывающей промышленностью, а также с наличием крупных предприятий, специализирующиеся в области металлургии.

1.5 Влияние тяжелых металлов

Существует два основных механизма попадания токсичных металлов в организм человека и животных: пероральный и ингаляционный. Наиболее серьезное токсическое действие токсичных металлов возникает при вдыхании пыли, в основном такое происходит на промышленном предприятии.

Но ингаляционное отравление встречается довольно нечасто. В основном токсичные металлы попадают в организм перорально - с водой и продуктами питания.

Механизм воздействия токсикантов можно описать следующим образом. Ионы металлов в организме стабилизируют и активируют многие белки. При большой концентрации происходит конкуренция между токсичными и необходимыми ионами за владение местами связывания в белках. Белковые макромолекулы имеют в своем строении свободные сульфгидрильные группы, которые способны вступать во взаимодействие с тяжелыми металлами [4].

1.6 Методы очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов

В настоящее время существует большое количество технологий по очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов, условная классификация которых представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Технологии очистки сточных вод

Методы очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов	Химическое осаждение	Гидроксиды
		Сульфиды
		Комплексообразование
	Мембранная фильтрация	Ультрафильтрация
		Нанофильтрация
		Обратный осмос
		Электродиализ
	Флотация	Флотация растворенным воздухом
		Ионная флотация
		Осадительная флотация
	Электрохимические методы	Электроосаждение
		Электрокоагуляция
		Электрофлотация
	Адсорбция	Углеродные нанотрубки
		Активированный уголь
Минеральные сорбенты		
Биосорбенты		
Синтетические сорбенты		

На сегодняшний день наиболее эффективным признается метод *сульфидного осаждения*. Его применение позволяет достигать допустимых концентраций ионов тяжелых металлов для воды, которые сбрасываются в городскую канализацию. Вместе с тем использование сульфида натрия в качестве реагента для осаждения ионов имеет свои отрицательные стороны:

1. Не удастся полностью предотвратить выделение сероводорода из-за гидролиза сульфида.

2. Отстаивание сульфидов – очень длительный процесс, из-за аморфного осадка, склоненного к пептизации, полного и надежного осаждения достичь трудно.

Использование реагентного метода влечет ещё одну важную экономическую и экологическую проблему – утилизация отходов, которые содержат большое количество цветных металлов. Сейчас эта проблема «решается» с помощью захоронения гальваношламов на специальных полигонах.

Ионообменный метод очистки сточных вод основан на замене ионов, на нейтральные. Для очистки чаще всего применяются иониты (ионообменные смолы). Такой метод позволяет не только достигать допустимых концентраций, но и получать продукты в виде чистых солей металлов, которые можно повторно использовать в производстве. Кроме того, очищенная вода без дополнительной обработки в большинстве случаев может быть снова использована в замкнутых системах водооборота на предприятии [5].

С экономической точки зрения целесообразна ионообменная очистка не общего стока гальванического производства, а промывных вод, которые образуются в отдельных технологических процессах. Также метод ионного обмена имеет ещё ряд недостатков: высокая стоимость смол, необходимость предварительной очистки сточных вод от растворителей, масел и других органических веществ, громоздкость оборудования и сложность эксплуатации.

Преимущество *мембранных технологий* являются возможность очистки до допустимых концентраций и разработанные методы утилизации ценных компонентов. Тем не менее методы не находят широкого применения в промышленности. К недостаткам относится необходимость очистки воды от грубодисперсных примесей, дороговизна мембран, сложность эксплуатации, чувствительность мембран к изменению параметров [6].

Флотация – как метод очистки сточных вод – характеризуется высокой эффективностью и простотой. Однако широкое применение метода

тормозится тем, что реагенты являются токсичными и дорогостоящим веществами. Методы регенерации таких реагентов практически не разработаны.

Преимущество *электрохимических методов* очистки является: упрощенная технологическая схема установок, возможность обработки сточных вод без их предварительного разбавления, отсутствие вторичного загрязнения воды. К недостаткам относится существенные затраты электроэнергии и предварительная очистка от грубодисперсных примесей [7].

Сорбционная очистка является одним из наиболее эффективных способов удаления тяжелых металлов из сточных вод. К преимуществам сорбции можно отнести: управляемость процессом, удаления загрязнений различной природы, отсутствие вторичных загрязнений. В качестве сорбентов используют синтетические сорбенты, активированный уголь, силикагели, угольные волокна, природные материалы различного происхождения и др.

В настоящее время наиболее универсальным сорбентом являются активированный уголь. Сорбент обладает хорошими сорбционными свойствами, которые обусловлены высокой пористостью и развитой поверхностью. Сырьем для получения активированного угля может служить практически любой материал, содержащий углерод как основу: полимеры, уголь, древесина, отходы агропромышленного комплекса.

Отрицательная сторона данного сорбента состоит в том, что активированный уголь и углеродные волокна являются довольно дорогими сорбентами. Использовать таких сорбентов для очистки сточных вод по экономическим причинам нецелесообразно.

1.7 Виды сорбентов

Сорбенты можно разделить на три основных категории: природные органические, природные неорганические и синтетические [8].

Природные органические сорбенты представляют собой торф, солому, сено, опилки, наземные початки, перья и другие легкодоступные продукты на углеродной основе. Органические сорбенты могут поглотить от 3 до 15 веса нефти на вес сорбента. Органические сорбенты могут быть легко утилизированы путем разложения или сжигания. Помимо преимуществ существует и недостатки их использования. Некоторые органические сорбенты, как правило, адсорбируют воду, а также нефть, в результате чего они тонут. По отношению к тяжелым металлам органические сорбенты могут проявлять низкую адсорбционную емкость, что требует их модификации.

Природные неорганические сорбенты состоят из глины, перлита, вермикулита, стекловаты, песка или вулканического пепла. Они могут поглотить от 4 до 20 веса нефти на вес сорбента. Неорганические сорбенты, как и органические сорбенты, недорогие и легкодоступны в больших количествах.

Синтетические сорбенты представляют собой искусственные материалы, которые аналогичны пластмассам, например, полиуретан, полиэтилен, и полипропилен, и предназначены для адсорбции жидкости на их поверхности. Другие синтетические сорбенты включают поперечно-сшитые полимеры и резиновые материалы, которые поглощают жидкости в своей твердой структуре, в результате чего сорбент набухает.

1.8 Требования, предъявляемые к сорбентам

При выборе сорбента должны учитываться особенности, физико-химические характеристики, а также экономические и экологические аспекты [9].

1. *Интенсивность поглощения.* Поглощение нефти происходит быстрее с более легкими нефтепродуктами.

2. *Интенсивность адсорбции.* Эффективнее прилипает к поверхности адсорбента более вязкая нефть.

3. *Нефтеемкость.* Масса извлеченной нефти может привести к деформированию структуры сорбента, а при подъеме из воды, он может выпустить нефть, которую удерживал в своих порах. Менее вязкая нефть пропускается через поры легче, чем более тяжелая.

4. *Высокая адсорбционная способность.* При адсорбции ионов тяжелых металлов, должна быть высокая степень очистки.

5. *Простота применения.* Сорбенты могут применяться к разливам вручную или механически, при помощи воздушного вентилятора.

6. *Прочность и долговечность.* Долговечность сорбента имеет важное значение в тех случаях, когда он может быть оставлен на месте разлива в течение продолжительного периода времени.

7. *Стоимость.* Стоимость сорбента значительно варьируется. Органические и неорганические сорбенты сравнительно дешевле, чем синтетические. Несмотря на высокую стоимость синтетических сорбентов, чаще они более эффективны, а в некоторых случаях они могут быть повторно использованы.

1.9 Утилизация сорбентов после использования

Сорбенты, используемые для сбора нефти, следует утилизировать согласно принятым местным, государственным и федеральным нормам. Любая нефть, которая удаляется из сорбентов, также должна быть надлежащим образом утилизирована или переработана.

Способы утилизации сорбентов после использования различны и зависят от:

- характера загрязняющего вещества;
- природы сорбента;
- насыщения загрязняющего вещества;
- насыщения водой;

- наличия минеральных веществ (например, песок) или органических веществ (например, водоросли), с которыми может быть смешано загрязняющее вещество;

- объема отходов, подлежащих обработке.

Экономически выгодным способом утилизации нефтесорбентов является изготовление брикетов для дальнейшего использования потребителем. Другой способ утилизации предполагает сжигание на специальных котельных установках для получения тепла.

Сорбенты, используемые для сорбции тяжелых металлов, утилизируются методом сжигания с последующим выделением оксидов соответствующих металлов. Сжигание должно проводиться в специальных установках промышленных отходов и в соответствии с действующими нормами.

2 Объекты и методы исследования

2.1 Объекты исследования

2.1.1 Скорлупа кедрового ореха

Объектом исследования в данной работе является скорлупа кедрового ореха (СКО).

Скорлупа остается в результате переработки кедрового ореха и составляет 54-60% от общей ореховой массы. Скорлупа характеризуется как источник углеводно-минерального комплекса и различных органических веществ. По сравнению с другими целлюлозосодержащими материалами, скорлупа характеризуется большим количеством смол, эфирных масел и дубильных веществ [10].

Таблица 5 – Химический состав скорлупы кедровых орехов, % от исходного абсолютно сухого сырья

Компоненты	Содержание, %
Целлюлоза	33,5
Гемицеллюлоза	4,8
Лигнин	51,5
Водорастворимые вещества	4,5
Смолы и жиры	5,1
Зольные вещества	0,6

Аминокислотный состав белков скорлупы (включающий около 16 аминокислот) отличается повышенным содержанием глутаминовой кислоты.

В образовании ионообменных комплексов в СКО участвуют гуминовые кислоты, гемицеллюлозы, лигнин. Обменными центрами в скорлупе являются активные функциональные группы. Главным образом функциональные группы (карбоксильная, гидроксильная) находятся при ядре и алифатической периферийной части макромолекул гуминовых веществ.

Непрерывными сопутствующими веществами целлюлозы являются гемицеллюлозы. Это, как правило, углеводы с 5 и 6 атомами углерода в основном звене. Общие их формулы— $(C_6H_8O_4)_n$ и $(C_6H_{10}O_5)_n$, где n — степень полимеризации. Эти продукты ответственны за обменно-сорбционную способность. Чем больше в целлюлозе гемицеллюлоз и продуктов деструктивного распада, тем выше сорбционная активность. Степень полимеризации гемицеллюлоз – 100-200, поэтому они образуют отдельные цепочки, которые могут входить в упорядоченные и неупорядоченные участки. Упорядоченные участки трудно гидролизуются, поэтому при гидролизе целлюлозы гемицеллюлозы гидролизуются совместно. Кроме углеводов при кислотном гидролизе в гидролизате могут находиться уроновые кислоты, цепи которых содержат звенья с карбоксильными группами [11].

С углеводами растений связан лигнин. Высказывается предположение, что существует химическая связь лигнина с гемицеллюлозами, а также возможность β -фенилглюкозидной связи с полисахаридами клетки по схеме.

Большое количество и разнообразие активных функциональных групп ($COOH$, OH и др.) в твердых компонентах скорлупы (особенно в гуминовых веществах) обуславливают высокую его сорбционную и ионообменную способность. Поэтому агрегаты (ассоциаты) неустойчивы, их размеры и компактность зависят от влажности, концентрации сухого веществ, кислотности, содержания катионов и многих других факторов [12].

2.1.2 Характеристика целлюлозы

Целлюлоза – важнейший волокнообразующий полимер, являющийся основой всех природных органических сорбентов.

Элементарное звено целлюлозы описывается эмпирической формулой $C_6H_{10}O_5$. В настоящее время установлена следующая структурная формула целлюлозы.

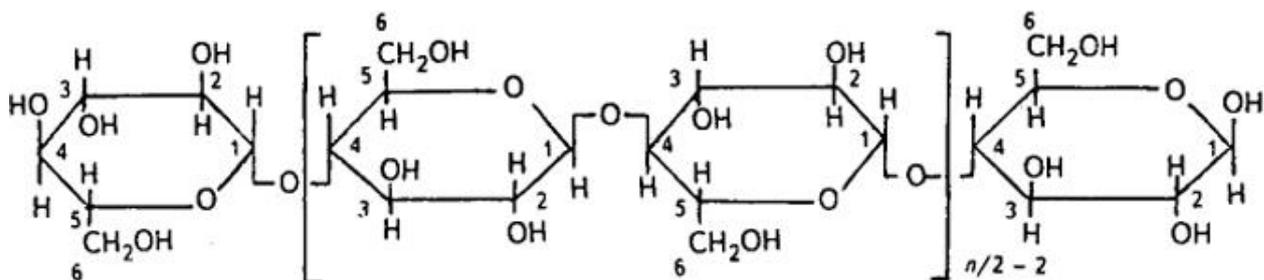


Рисунок 1 – Структурная молекула целлюлозы

Молекула целлюлозы – поли(ангидро-β-D-глюкоза) – характеризуется следующими особенностями [13]:

1. Элементарные звенья представляют собой пирановые циклы, имеющие преимущественно конформацию «кресла» (С-конформацию);
2. Пирановые циклы связаны между собой полуацетальной, так называемой 1-4-гликозидной связью; одной концевой группой макромолекулы целлюлозы являются гидроксильная группа у четвертого атома углерода, а другой – глюкозидный гидроксил;
3. Каждое элементарное звено имеет три гидроксильные группы: одну первичную у шестого и две вторичные – у второго и третьего атомов углеродов.

В соответствии с этими особенностями строения молекула целлюлозы может подвергаться превращениям трех типов:

- а) деструкция молекулы, связанная с разрывом гликозидной связи;
- б) нуклеофильному замещению;
- в) реакциям по гидроксильным группам.

При всех химических воздействиях на целлюлозу происходят в меньшей или большей степени процессы, связанные с деструкцией. Скорость этих процессов зависит от плотности упаковки макромолекул.

2.1.3 Характеристика красителя метиленового голубого

По технологической классификации, краситель метиленовый голубой (метиленовый синий) является основным (катионным) красителем. По химической классификации МГ относится к теазиновым красителям, которые входят в группу хинониминных красителей, производных фенотиазина. Его эмпирическая формула $C_{16}H_{18}N_3SCl$, молекулярный вес 319,85.

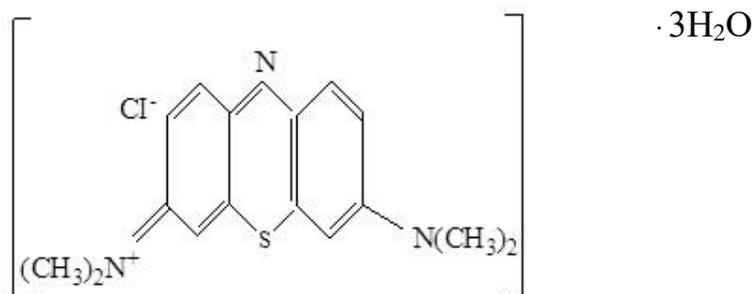


Рисунок 2 - Структурная формула МГ

Краситель метиленовый голубой вещество, хорошо растворимое в воде, хлороформе и спирте. В водной среде метиленовый голубой, как катионный краситель разлагается с образованием окрашенного катиона и бесцветного аниона.

В следствии того, что скорлупа кедрового ореха является гидрофильным сорбентом, были проведены предварительные опыты по подбору оптимальной концентрации МГ, необходимого количества объема раствора МГ, скорости перемешивания и времени контакта сорбента с раствором.

2.1.4 Характеристика сульфата меди

Неорганическое соединение, медная соль серной кислоты. Молекулярный вес 249,68.

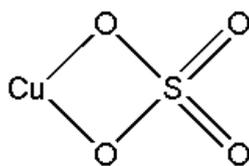


Рисунок 3 – Структурная формула сульфата меди (II)

Нелетучее вещество, не имеет запаха. В виде кристаллогидратов представляет собой прозрачные негигроскопичные кристаллы различных оттенков синего, на воздухе постепенно выветриваются (теряют кристаллизационную воду).

Сульфат меди (II) хорошо растворим в воде. Из водных растворов кристаллизуется голубой пентагидрат $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — медный купорос.

Растворимость сульфата меди(II) по мере роста температуры проходит через плоский максимум, в течение которого растворимость соли почти не меняется.

Как и все соли, образованные ионами слабого основания и сильной кислоты, сульфат меди(II) гидролизуется и даёт кислую среду (рН раствора 4,2). Константа диссоциации составляет $5 \cdot 10^{-3}$ [14].

2.1.5 Характеристика йода

Химически активный неметалл, относится к группе галогенов. Молекулярная масса составляет 253,8.

Простое вещество йод при нормальных условиях — кристаллы чёрно-серого цвета с фиолетовым металлическим блеском, легко образует фиолетовые пары, обладающие резким запахом. Элементарный йод высокотоксичен. Молекула простого вещества двухатомна.

Йод при обычных условиях — твёрдое вещество, чёрно-серые или тёмно-фиолетовые кристаллы со слабым металлическим блеском и специфическим запахом.

Пары имеют характерный фиолетовый цвет, так же, как и растворы в неполярных органических растворителях, например, в бензоле — в отличие от бурого раствора в полярном этиловом спирте. Слабо растворяется в воде (0,28 г/л), лучше растворяется в водных растворах иодидов щелочных металлов с образованием трииодидов (например, трииодида калия KI_3).

2.2 Методы исследования

2.2.1 Спектрофотометрическое определение адсорбционной способности сорбента по метиленовому голубому

Для определения адсорбционной способности сорбента использовался ГОСТ 33587-2015, который применяется для определения поглотительной способности древесного осветляющего порошкообразного активированного угля (АУ). В методике за меру активности сорбента считается количество красителя, поглощенного из раствора навеской АУ. Концентрация красителя МГ в растворе до и после адсорбции определяется с помощью спектрофотометра.

Построение градуировочного графика по МГ

Для построения градуировочного графика используют эталонные растворы чистого вещества.

Приготавливают рабочий раствор МГ с концентрацией 1000 мг/дм³. В мерную колбу емкостью 1 дм³ пересыпают с часового стекла навеску МГ, взвешенную с точностью до 0,001 г. Прилипшие к часовому стеклу частицы, смывают в колбу дистиллированной водой. Полученную взвесь МГ в воде растворяют перемешиванием в течение часа. Затем, убедившись в отсутствии твердых частиц в колбе, доливают ее до метки и тщательно перемешивают раствор. Для построения градуировочного графика отмеривают в 15 мерных колб емкостью 50 мл с помощью бюретки от 2 до 35 см³ с разницей шага 2,5 см³. Доливают колбы дистиллированной водой до метки и хорошо перемешивают. Оптическую плотность растворов измеряют на

спектрофотометре при ширине кювет 1,075 мм. По результатам измерений строят график в координатах «оптическая плотность-концентрация МГ» в мг/дм³.

Для определения области поглощения метиленового голубого был снят УФ-спектр на спектрофотометре Evolution – 201. При длине волны в диапазоне от 400 до 800 нм. Характерными областями для данного красителя является область поглощения при $\lambda=612$ нм и $\lambda=668$ нм.

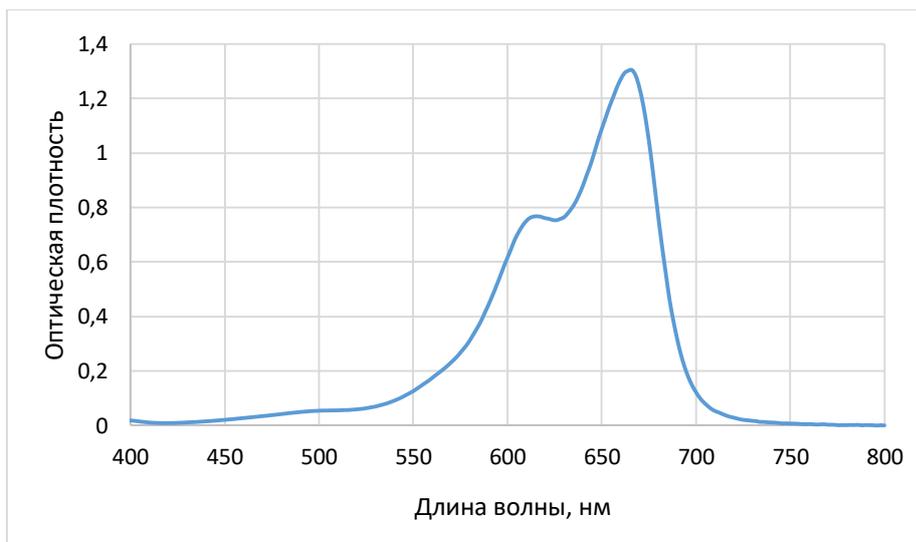


Рисунок 4 - Спектр поглощения МГ

В дальнейшем все расчеты концентрации МГ в сорбенте и остаточную концентрацию МГ в растворе определяли с использованием калибровочных графиков, представленных на рисунке 3.

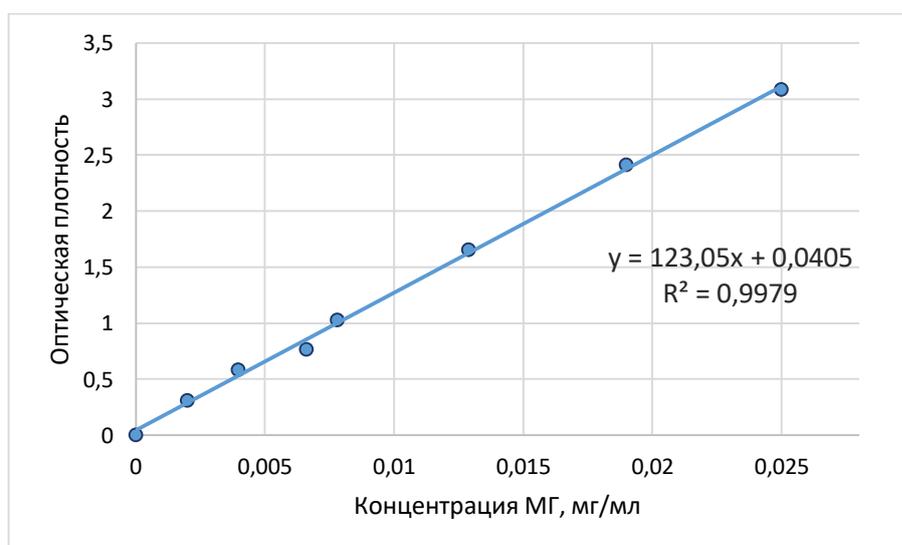


Рисунок 5 - Зависимость адсорбции МГ при различных концентрациях

2.2.2 Спектрофотометрическое определение адсорбционной способности сорбента по ионам меди (II)

Определение сорбционной способности природного сорбента по отношению к ионам меди, проводилось с использованием комплексной схемы, разработанной в ГОСТе 33587-2015.

Для этого были приготовлены модельные растворы, содержащие ионы Cu^{2+} (сульфат меди) с точно заданными концентрациями. Далее был построен градуировочный график, по которому позже рассчитывала остаточная концентрация ионов меди в растворе и концентрация меди в сорбенте.

Водные растворы солей меди (II) окрашены в голубой цвет за счет образования аквакомплексов. Однако интенсивность окраски таких растворов недостаточна для проведения фотометрического анализа. Поэтому для аналитических целей проводилась фотометрическая реакция. Определение основано на получении интенсивно окрашенного комплексного соединения – аммиаката меди (II). Максимум светопоглощения этого соединения соответствует длине волны $\lambda = 610$ нм.

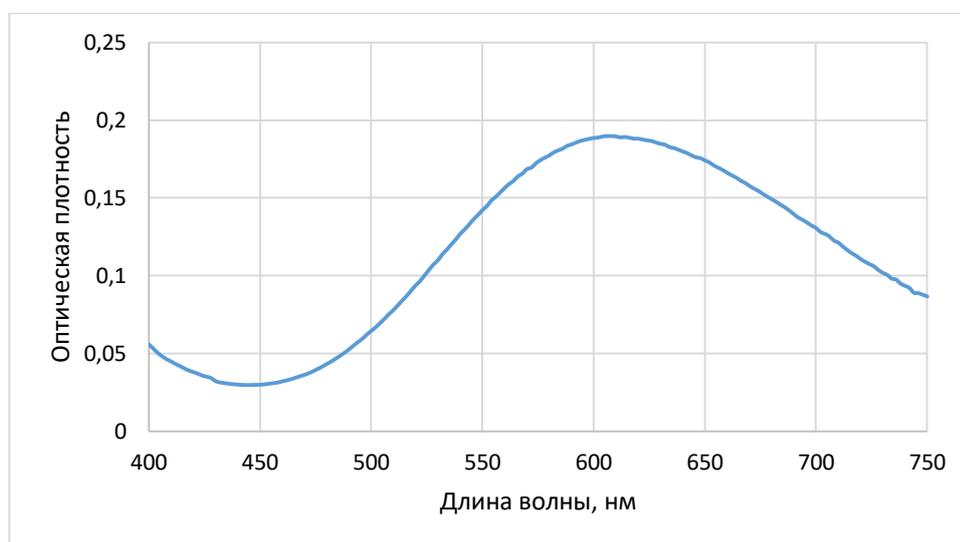


Рисунок 6 - Спектр поглощения ионов меди (II)

В дальнейшем все расчеты концентрации ионов меди в сорбенте и остаточную концентрацию в растворе определяли с использованием калибровочных графиков, представленных на рисунке 5.

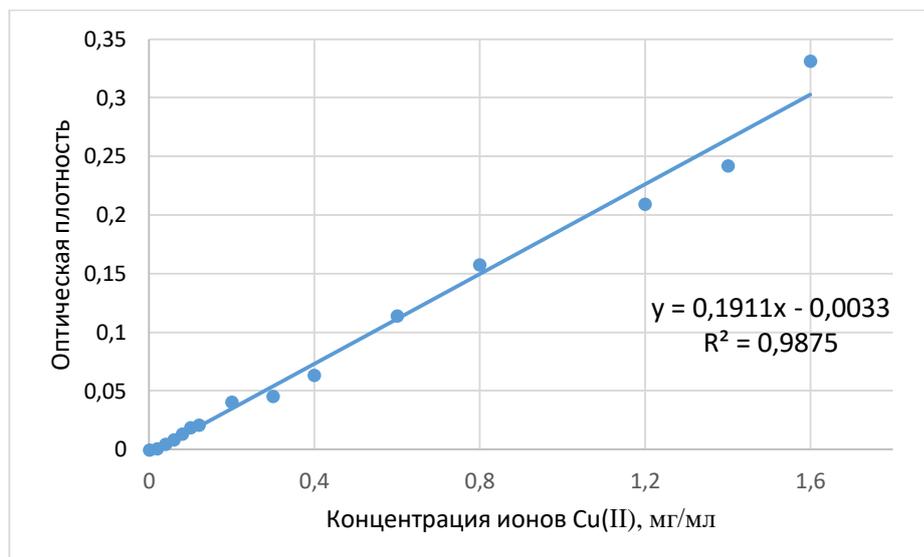


Рисунок 7 - Зависимость адсорбции ионов Cu(II) при различных концентрациях

2.2.3 Спектрофотометрическое определение адсорбционной способности сорбента по йоду

Для определения адсорбционной способности сорбента использовалась стандартная методика, которая применяется для определения поглотительной способности активированного угля (АУ). В методике за меру активности сорбента считается количество красителя, поглощенного из раствора навеской АУ.

Для приготовления рабочего титрованного раствора ампулу с йодом разбивали, содержимое количественно переносили в мерную колбу емкостью 0,5 л и разбавляли до метки дистиллированной водой. При этом концентрация раствора йода составляла 0,1 н. Далее готовилась серия растворов с точно известной концентрацией.

Предварительно был снят спектр раствора йода, на котором видно два максимума поглощения. Первый максимум имеет длину волны 288 нм, второй максимум имеет длину волны 350 нм.

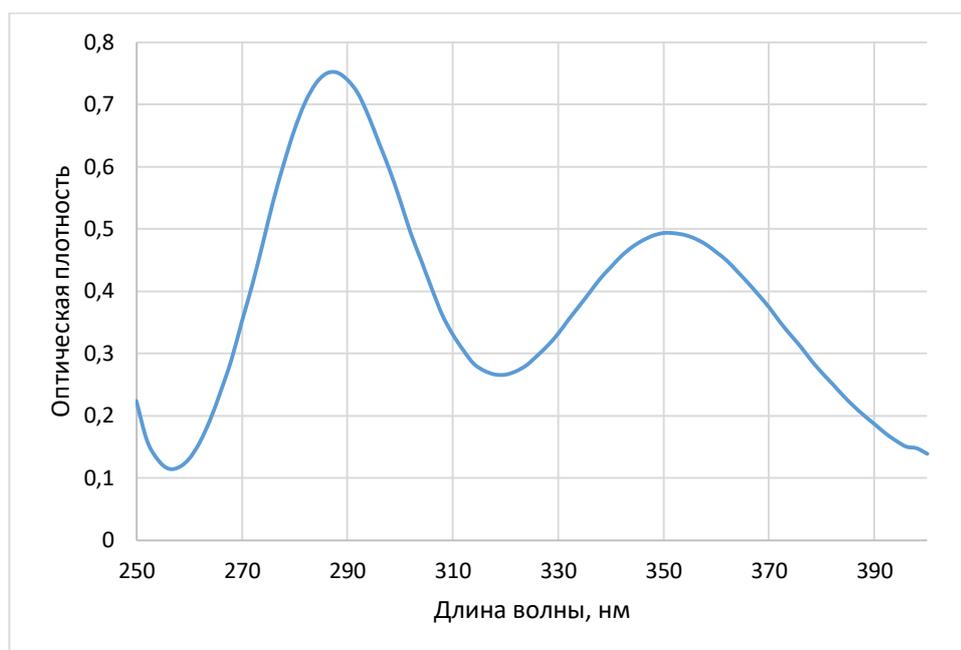


Рисунок 8 – Спектр поглощения йода

В дальнейшем все расчеты концентрации йода в сорбенте и остаточную концентрацию в растворе определяли с использованием калибровочных графиков, представленных на рисунке 7.

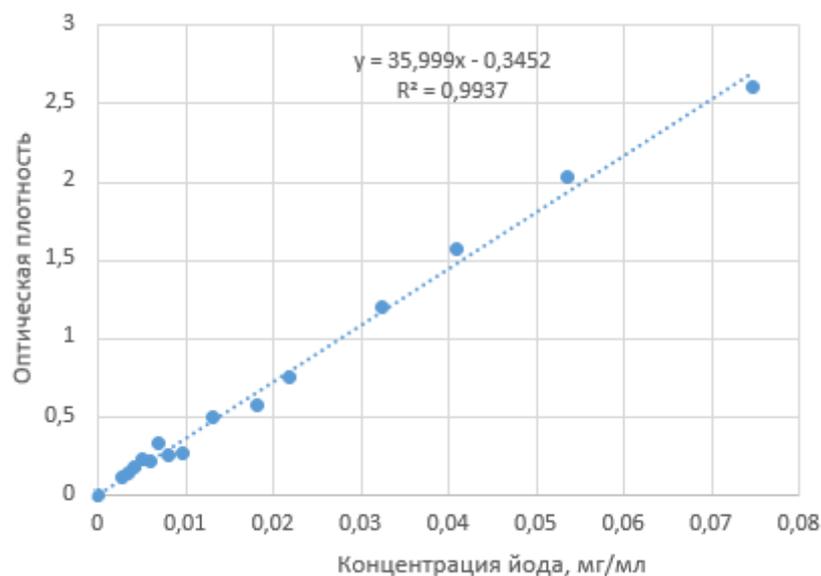


Рисунок 9 - Зависимость адсорбции йода при различных концентрациях

2.2.4 Определение характеристик сорбента

Определение *адсорбции* проводилось с использованием комплексной схемы, разработанной для исследования древесного активированного угля

[15]. Методика основана на измерении оптической плотности раствора вещества-маркера, полученного после контакта с навеской образца в течение точно заданного времени.

Для определения сорбционной способности СКО по отношению к ионам меди (II) были приготовлены модельные растворы, содержащие Cu^{2+} . Сорбцию проводили в статических условиях в течение 40 мин, после чего определяли их оптическую плотность растворов, получаемых после взаимодействия с реагентами, образующими окрашенные соединения с изучаемыми примесями. Остаточное содержание ионов меди определялась по взаимодействию модельного раствора с 10% раствором аммиака с получением ярко-синего комплекса сульфата тетраам-минкупрата.

Для определения сорбционной способности СКО по отношению к МГ были приготовлены модельные растворы с концентрацией 2 мг/мл. Сорбцию проводили в статических условиях в течение 40 мин, после чего определяли оптическую плотность растворов.

Для определения сорбционной способности СКО по отношению к йоду были приготовлены модельные растворы. Сорбцию проводили в статических условиях в течение 40 мин, после чего определяли оптическую плотность растворов.

Нефтеемкость (НЕ, г/г) определяли по методике ТУ 214-10942238-03-95. Способность сорбентов одновременно поглощать нефть и воду оценивали следующим образом: на поверхности воды создавали пленку нефти толщиной от 0,5 до 5 мм. На поверхность пленки наносили сорбент, из расчета 0,3 г на 10 см^2 и выдерживали от 6 до 96 часов. По истечении времени сорбент отфильтровывали и экстрагировали адсорбированные нефтепродукты четыреххлористым углеродом. Количество поглощенной нефти определяли гравиметрическим методом.

Для определения *плавучести сорбента* используют стандартную методику [15]. Навеска сорбента массой от 0,1 до 5 г помещается в стакан объемом 100 мл, наполненный водой. Толщина слоя сорбента в стакане

составляет около 4 мм. Время пребывания сорбента в воде варьировалась: 12 ч, 24 ч; 36 ч, 48 ч, 96ч. По истечении установленного времени сорбент, оставшийся на плаву, вынимали, просушивали до постоянного веса. Затем по разнице весов определялось количество утонувшего сорбента.

Водопоглощение. Водопоглощение определяли по формуле:

$$W = (M_1 - M)/M \cdot 100, \quad (1)$$

где W – Водопоглощение, %; M_1 – вес образца после пребывания в воде, г; M – вес образцов до погружения в воду, г.

2.3 Способы модификации сорбента

2.3.1 Физическая модификация

Термическая обработка

Повышение гидрофобизации сорбента заключалось в термической обработке СКО при различных температурах. Навеску СКО загружали в тигель и помещали в печь. Время термической обработки при установившейся температуре составляло 60 мин. Цвет скорлупы в зависимости от температуры обработки менялся от желтого до темно-коричневого.

Вымораживание

Навеску СКО помещали в чашку Петри и выдерживали в дистиллированной воде в течении 30 минут. Далее помещали в морозильную камеру для замораживания при температуре -18°C на сутки. После чего, скорлупу, не размораживая, помещали на 1 час в сушильный шкаф, предварительно разогретый до температуры 100°C .

Фракционирование

Скорлупу измельчали в ступке. Необходимая фракция сорбента отбиралась методом просеивания. Просеивание осуществляется «сухим» способом. При использовании данного метода сорбент просушивался на воздухе и просеивают через набор стандартных сит.

2.4.2 Химическая модификация

Окисление перекисью водорода

Окисление сорбента перекисью водорода проводилось в течении 1 часа при комнатной температуре. Масса сорбента составляла 3 г, объем раствора 30 мл. При окислении использовались растворы с концентрацией 5, 10, 15, 20, 25 и 30%.

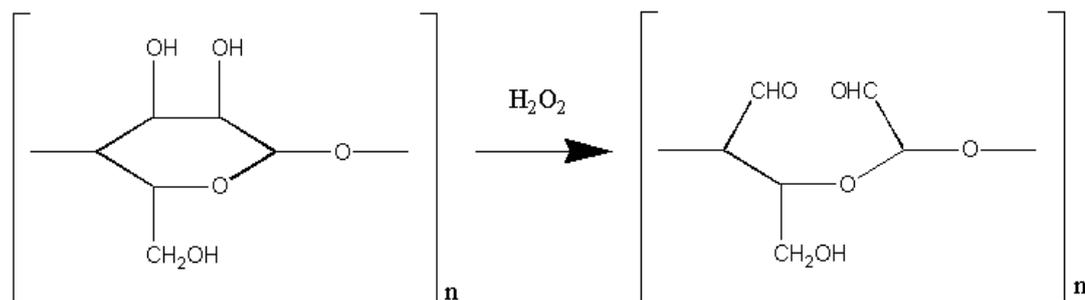


Рисунок 10 – Реакция окисления молекулы целлюлозы перекисью водорода

Окисление азотной кислотой

Нитрат целлюлозы получали взаимодействием азотной кислоты на сорбент, в частности на молекулу целлюлозы. Навеску СКО помещали в колбу и приливали раствор азотной кислоты. Химическую модификацию проводили при комнатной температуре в течении 120 минут. Реакция окисления целлюлозы представлена на рисунке 9.

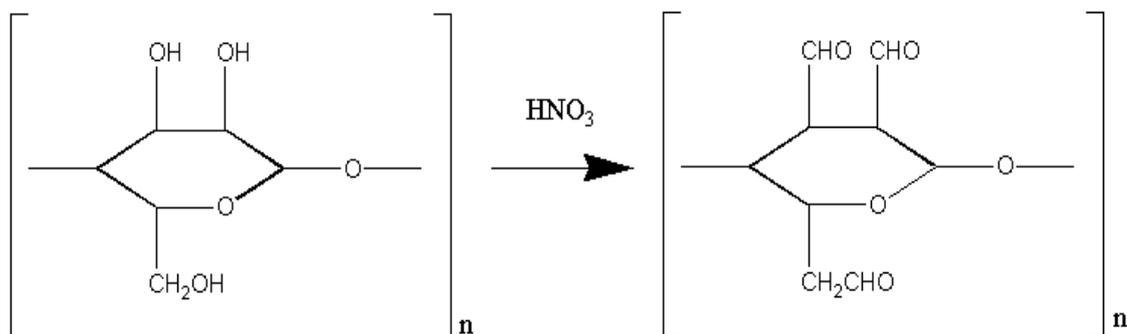


Рисунок 11 – Реакция окисления целлюлозы

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами стало одной из наиболее опасных проблем из-за их опасного воздействия на водную флору и фауну даже в относительно низких концентрациях. Несколько ионов тяжелых металлов, таких как медь, никель, кадмий и свинец, были включены в список приоритетных загрязнителей. С другой стороны, ежегодные разливы нефти и других углеводородов на водных поверхностях наносят непоправимый вред экосистеме. Из-за своей природы, нефть не смешивается и не растворяется в воде. Это ведет к нанесению вреда всем обитателям из-за большой токсичности нефти.

Сегодня для удаления вредных и опасных веществ из водных объектов используют, главным образом, сорбцию. Все больше растет спрос на дешевые и эффективные сорбенты, которые способны удалять различные виды загрязняющих веществ из природных и сточных вод и обладать высокими адсорбционными свойствами.

Все чаще выбор делают в пользу природных целлюлозосодержащих сорбентов, так как они оказываются гораздо более экономичными и легко утилизируемыми материалами.

Качество самих сорбентов определяется главным образом их емкостью по отношению к нефти, степенью гидрофобности, плавучестью после сорбции нефти, возможностью десорбции нефти и регенерации или утилизации сорбента, а также адсорбционной емкостью.

		Страны производители			
		Россия	Казахстан	ОАЭ	Египет
Размер компании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				



Фирма А



Фирма Б

Рисунок 16 - Карта сегментирования рынка по странам, в которых высоких риск загрязнения воды углеводородами и тяжелыми металлами.

Так как, разработанный нами сорбент, предназначен для сорбции нефти и ионов тяжелых металлов из водных сред, то основными потребителями сорбента являются заводы, деятельность которых направлена либо на получение, транспортировку и переработку нефти, либо на добычу и работу с черными и цветными металлами.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для внесения коррективов в научное исследование чтобы лучшего противостоять конкурентам, необходимо выявить и проанализировать сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Таблица 27 -Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			
		СКО	АУ	Опилки	Торф
1	2	3	4	5	6
Свойства сорбентов					
1. Экологичность	0,2	5	5	5	5
2. Доступность	0,1	5	3	4	2
3. Адсорбционная способность	0,3	5	5	3	2
4. Нефтеемкость	0,1	4	4	2	2
5. Пористость	0,1	4	5	3	3
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Уровень проникновения на рынок	0,1	1	3	1	1
2. Стоимость	0,1	5	1	3	3
Итого	1	29	26	21	18

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (3)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Результаты вычислений показали, что $K_{СКО}=4,4$, а $K_{АУ}=4,5$.

Несмотря на то, что активированный уголь более развит на рынке, чем скорлупа кедрового ореха, однако, конкурентоспособность у него получилась меньше. Это можно объяснить тем, что по свойствам СКО лучше подходит сорбции вредных веществ, чем активированный уголь. Конкурентным преимуществом использования СКО в качестве сорбента, по сравнению с активированным углем, является его низкая стоимость. Такое преимущество может заинтересовать инвесторов.

4.1.3 Диаграмма Исикавы

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) - это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.

Для выявления факторов, влияющих на объект анализа, был использован прием 3М:

- персонал (Manpower);
- оборудование (Machine);
- сырье, материалы(Material);

Причинно-следственная диаграмма Исикавы для данного случая представлена на рисунке . Как видно из диаграммы, было выявлено 3 фактораприводящих к проблеме повышения эффективности сорбента: материалы, оборудование и персонал.

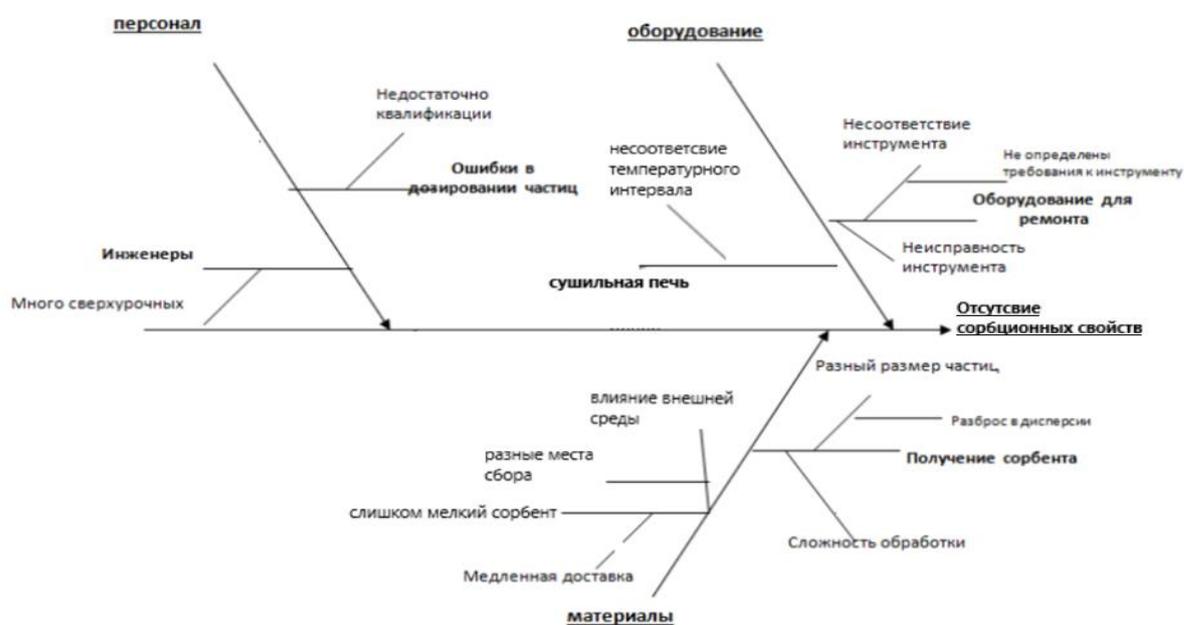


Рисунок 17 - Диаграмма Исикавы

Исходя из рисунка, можно сделать вывод о том, что основным из трех факторов, которые могут привести к отсутствию сорбционных свойств сорбента, является материалы.

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На каждой стадии жизненного цикла научной разработки необходима оценка степени её готовности к коммерциализации, а также, выяснение уровня знаний разработчика для её проведения и завершения. С этой целью была заполнена специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенции разработчика научного проекта.

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i , \quad (4)$$

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

B_i – балл по i -му показателю.

Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Таблица 28 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ 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	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	1	1
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	5
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	0	0
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
	ИТОГО БАЛЛОВ	37	37

По итогам степени готовности научного проекта к коммерциализации $B_{\text{сум}}=37$. Перспективность научной разработки оказалась средней. Это вызвано недостатком финансирования, необходимого оборудования, квалифицированных специалистов, а также спроса на данный сорбент. Для повышения перспективности следует проводить доработку научного проекта.

4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

В качестве метода коммерциализации объекта исследования был выбран *инжиниринг*. Основанием для выбора данного метода являлось то, что потенциальные заказчики могли бы получать услуги, связанные с разработкой технологии получения сорбента с заданными свойствами при использовании природных целлюлозосодержащих материалов, а также получение консультаций в данной области.

4.1.6 Инициация проекта

На стадии инициации проекта определяются начальные финансовые ресурсы, а также круг внешних и внутренних заинтересованных сторон проекта, их взаимодействие и влияние на общий результат научного исследования.

4.1.7 Цели и результат проекта

В таблице 29 представлена информация о заинтересованных сторонах проекта - это заказчик и исполнитель, и их ожидания относительно результатов проекта. Также в таблице сформулированы цели проекта и требования к его результатам.

Таблица 29 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Научно-исследовательские институты	Получение сорбента с заданными свойствами.
Крупные нефтяные компании (например, ОАО «Газпром», ОАО «НК «Роснефть»)	Получение сорбента с высокой нефтеемкостью, низким водопоглощением, приемлемой ценой.
Крупные машиностроительные заводы (например, «АвтоВАЗ») и заводы гальвано промышленного комплекса (например, «Челябинский трубопрокатный завод»)	Получение сорбента с высокой адсорбционной способностью и приемлемой ценой.

Таблица 30- Цели и результат проекта

Цели проекта:	Получение сорбента с высокими адсорбционными, физико-химическими свойствами
Ожидаемые результаты проекта:	Внедрение на рынок СКО как сорбента для сорбции тяжелых металлов и углеводородов
Критерии приемки результата проекта:	Соответствие стандарту
Требования к результату проекта:	Требование:
	Достижение высоких физико-химических свойств
	Высокая адсорбционная емкость
	Повышенная нефтеемкость
	Экологичность
	Низкое водопоглощение
	Использование в практической деятельности

4.1.8 Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые

каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эта информация представлена в таблице 31.

Таблица 31- Рабочая группа проекта

№ п / п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Ротарь Ольга Васильевна	Руководитель магистерской диссертации	Отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта.	100
2	Егошина Анастасия Владимировна	магистрант	Выполнение магистерской работы, исследование свойств СКО, модификация сорбента.	2100
4	Креницына Зоя Васильевна	Консультант раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Курирование выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» в магистерской диссертации	2
5	Немцова Ольга Александровна	Консультант раздела «Социальная ответственность»	Курирование выполнения раздела «Социальная ответственность» в магистерской диссертации	2
ИТОГО:				2202

4.1.9 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также

«границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 32 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2018
3.2.2. Дата завершения проекта	01.06.2019

4.1.10 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования включает в себя процессы, необходимые для определения содержания работ, уточнения целей, а также разработки последовательности необходимых для достижения поставленных целей действий.

4.1.11 План проекта

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

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.

Вид работ	Исполнители	Т _к , дни	Сен- окт.	Ноя б- дек.	Янв- февр	Март- апр.	Май- июнь	Сент- окт.	Янв- февр	Март	май	ию н
Определение целей и задач, разработка плана	Руководитель, магистрант	7										
Обзор литературных источников, дизайн экспериментальной части	Магистрант	21										
Выбор основных подходящих способов модификации	Руководитель, магистрант	28										
Определение адсорбционной способности различных сорбентов, выбор наилучшего сорбента	Магистрант	70										
Проведение физической модификации	Магистрант	49										
Проведение химической модификации	Магистрант	14										
Анализ результатов, составление отчётов	Руководитель, магистрант	28										
Написание диссертации	Магистрант	56										

Рисунок 18 – Календарный план-график проведения проекта по теме «Сорбция целлюлозосодержащих сорбентов по отношению к углеводородам и тяжелым металлам »

-  работы, выполняемые магистрантом;
-  работы, выполняемые руководителем

4.1.12 Бюджет научного исследования

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

Таблица 33 - Группировка затрат по статьям

Ви д раб от	Статьи						
	Сырье, материал, покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
	990	1133449	542480	54248	161712	477382	2370261

Сырьё, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

Таблица 34 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб. с НДС	Сумма, руб.
СКО	Марка Т	4 кг	320	320
Нефть	Ангарское месторождение	2 л	120	240
Сульфат меди (II)	ГОСТ 19347-2014	1 кг	170	140
Соляная кислота	ГОСТ 3118-77	200 мл	40	40
Перекись водорода 30%	ГОСТ 177-88	200 мл	125	125
Азотная кислота	ГОСТ 4461-77	200 мл	80	80
Всего за материалы				945
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				45
Итого по статье C_M				990

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

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

Таблица 35 - Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п / п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Срок службы оборудования, год	Общая стоимость оборудования с учетом доставки и монтажа, руб	Сумма амортизационных отчислений за время использования, руб.
1	Шкаф вытяжной	1	52070	20	59880	434
2	Спектрофотометр «Evolution»	1	931 531	15	961900	2651
3	Весы аналитические AS/310/C/2	1	57260	5	65849	477
4	Муфельная печь «SNOL»	1	42 035	15	45820	329
	Итого	-	1082896	-	1133449	3892

Расчёт амортизационных отчислений осуществляется по формуле:

$$E_{\text{ам}} = \frac{\sum K_{\text{оби}} \cdot H_{\text{оби}} \cdot T_{\text{оби}}}{365 \cdot 100} \quad (5)$$

где $K_{\text{оби}}$ — стоимость ед. прибора или оборудования, руб.;

$H_{\text{ами}}$ — норма амортизации прибора или оборудования, %;

$T_{\text{оби}}$ — время использования оборудования, дни.

Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата работников, непосредственно участвующих в исследовании, включая премии, доплаты и дополнительную заработную плату. Величину расходов по данной статье определяют с учётом трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (6)$$

$$Z_{\text{осн}} = 1230 \cdot 251 = 308730 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн}} = 850 \cdot 275 = 233750 \text{ руб.}$$

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

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (7)$$

$$Z_{\text{дн}} = 34300 \cdot 9 / 251 = 1230 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{дн}} = 26000 \cdot 9 / 275 = 850 \text{ руб.}$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

Таблица 36 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	44	48
- праздничные дни	14	14
Номинальный фонд рабочего времени		
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	-	-
Эффективный фонд рабочего времени	251	275

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (8)$$

$$Z_m = 34300 \cdot (0.5 + 0.5) \cdot 1,3 = 44590 \text{ руб.}$$

$$Z_m = 26000 \cdot (0.5 + 0.5) \cdot 1,3 = 33800 \text{ руб.}$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

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

Таблица 37 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	$k_{пр}$	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	34300	0,5	1,3	44590	1230	251	308730
Инженер	26000	0,5	1,3	33800	850	275	233750

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде.

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

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (9)$$

$$Z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 308730 = 30873 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 233750 = 23375 \text{ руб.}$$

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

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

Таблица 38 - Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	308730	233750
Дополнительная зарплата	30873	23375
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	339603	257125

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (10)$$

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

Таблица 39 - Отчисления на социальные нужды 27,1%

	Руководитель	Инженер
Заработная плата	339603	257125
Отчисления на СН	92032	69680

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

Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную

тому. 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 выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (11)$$

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

$$C_{\text{накл}} = 0,8 * 596728 = 477382 \text{ руб.}$$

4.1.13 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная. Поскольку степень неопределённости условий реализации текущего проекта и его сложность являются высокими и в связи с новизной предлагаемой технологии данное исследование имеет проектную организационную структуру.

Таблица 40 - Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Высокая
Технология проекта	Новая
Сложность проекта	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Низкая

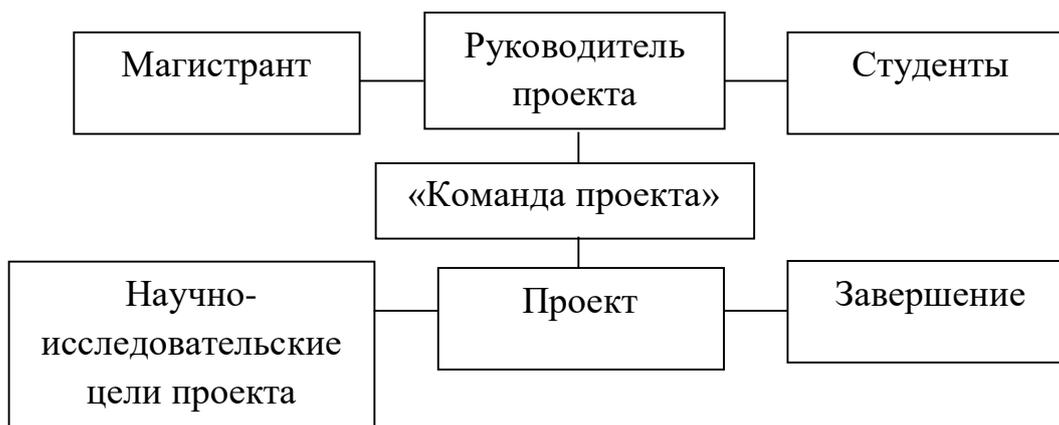


Рисунок 19 - Проектная организационная структура научного проекта

4.1.14 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности

Таблица 41 - Матрица ответственности

Этапы проекта	Роль/должность	Роль/должность
Составление технического задания	(О) / К.х.н., доцент ОХИ	
Изучение литературы	(И) /магистрант	
Патентный поиск	(И) /магистрант	
Проведение эксперимента	(И) /магистрант	
Обработка экспериментальных данных	(О) / К.х.н., доцент ОХИ	(И) /магистрант
Обсуждение полученных результатов	(О) / К.х.н., доцент ОХИ	(И) /магистрант
Выводы	(О) / К.х.н., доцент ОХИ	(И) /магистрант
Оформление диссертации	(И) /магистрант	

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

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

4.1.15 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта.

Таблица 42 - Плана управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Информация о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Руководителю магистерской диссертации	Еженедельно (понедельник)
2.	Документы и информация по проекту	Исполнитель проекта	Руководителю магистерской диссертации	Еженедельно (любой рабочий день)
3.	Отчет о проделанной работе	Исполнитель проекта	Руководителю магистерской диссертации	Не позже сроков графиков и контрольных точек

4.1.16 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Таблица 43 - Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Отсутствие финансирования	4	4	Высокий	Заинтересовать инвесторов	Незаинтересованность в данной разработке
2	Ограничения внедрения на рынок	4	4	Высокий	Провести маркетинговый анализ	Нет рекламы
3	Отсутствие прототипа научной разработки	5	5	Высокий	Выявить сильные и слабые стороны конкурентов	Наличие альтернативных разработок

Из таблицы видно, что уровень риска проекта высокий, прежде всего, из-за незаинтересованности потенциальных потребителей в данной разработке, отсутствия финансирования, а также из-за уже имеющихся альтернативных разработок на рынке.

4.1.17 План управления контрактами и поставками

Этот план формируется в случае необходимости заключения контрактов для осуществления поставок или работ по проекту.

Таблица 44 - Требования к объектам контрактов

№	Объект контракта (продукт/услуга)	Требования к продукту/услуге	Требования к срокам поставки	Требования к поставщику/подрядчику
1.	СКО	Определенная влажность, необходимая адсорбционная емкость, повышенная нефтеемкость	По требованию	Своевременность оплаты

4.2 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

4.2.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Чтобы определить эффективность исследования, необходимо рассчитать интегральный показатель эффективности научного исследования. Для этого определяют две средневзвешенные величины: финансовую эффективность и ресурсоэффективность.

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:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} \quad (11)$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

Таблица 45 – Группировка затрат по статьям аналогов разработки

Вариант исполнения аналога №	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себ-ть
1	15000	2100300	542480	161712	2819492

Найдем значения интегрального финансового показателя для всех вариантов исполнения научного исследования:

$$I_{\Phi}^P = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{2370261}{2819492} = 0,86$$

$$I_{\Phi}^a = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{2819492}{2819492} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы, то есть наша разработка обладает наименьшей стоимостью по сравнению с аналогами.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определяют следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (12)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;
 a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

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

n – число параметров сравнения.

Результат расчетов представим в виде таблицы:

Таблица 46 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1
1. Экологичность	0,1	10	8
2. Доступность	0,15	8	6
3. Эффективность	0,15	10	8
4. Удобство в эксплуатации	0,20	10	8
5. Простота эксплуатации	0,25	10	10
6. Возможность вторичного производства	0,15	2	4
ИТОГО	1	50	44

$$I_m^P = 10 \cdot 0,1 + 8 \cdot 0,15 + 10 \cdot 0,15 + 10 \cdot 0,20 + 10 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,15 = 8,5$$

$$I_1^A = 8 \cdot 0,1 + 6 \cdot 0,15 + 8 \cdot 0,15 + 8 \cdot 0,20 + 10 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 = 7,6$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^P$) и аналога ($I_{финр}^A$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^P = \frac{I_m^P}{I_\phi^P}, I_{финр}^A = \frac{I_m^A}{I_\phi^A} \quad (13)$$

$$I_{финр}^P = \frac{I_m^P}{I_\phi^P} = \frac{8,5}{0,86} = 9,9$$

$$I_{финр}^A = \frac{I_m^A}{I_\phi^A} = \frac{7,6}{1,0} = 7,6$$

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{ф}^{a1}} = \frac{9,9}{7,6} = 1,3$$

где \mathcal{E}_{cp} – сравнительная эффективность проекта; $I_{мэ}^p$ – интегральный показатель разработки; $I_{мэ}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 47 - Сравнительная эффективность разработки с первым аналогом.

№ п/п	Показатели	Разработ ка	Аналог 1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,86	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	8,5	7,6
3	Интегральный показатель эффективности	9,9	7,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,3	-

Вывод:

В результате анализа показателей эффективности инвестиций, получили, что сравнительная эффективность проекта составила – 1,3.

Таким образом, инвестиционный проект считается экономически при сравнении значений интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что существующий вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

Список публикаций

- 1 Егошина А. В. , Ваняшин Д. А. , Саввина Н. А. Использование целлюлозосодержащих отходов в качестве сорбентов для углеводов // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Мая 2018. - Томск: ТПУ, 2018 - С. 440-441.
- 2 Егошина А. В. , Гесс Т. А. , Хаялиева Л. Р. Практически-ориентированная работа со школьниками по очистке воды от нефти на базе Центра «Солнечный» // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Мая 2018. - Томск: ТПУ, 2018 - С. 439-440.
- 3 Ротарь О. В. , Егошина А. В. Способы модификации целлюлозосодержащих нефтесорбентов // XXIII Международный Биос-форум и Молодежная Биос-олимпиада 2018: сборник материалов, Санкт-Петербург, 19 Сентября-25 Октября 2018. - Санкт-Петербург: Любавич, 2018 - С. 267-271.
- 4 Гесс Т. -. , Егошина А. В. , Жидкова Е. А. , Попова (Домрачева) Д. Ю. , Маркушенко О. П. Способы модификации целлюлозосодержащих нефтесорбентов // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, Томск, 29 Мая-1 Июня 2017. - Томск: Изд-во ТПУ, 2017 - С. 402-403.
- 5 Егошина А. В. , Саввина Н. А. , Ваняшин Д. А. Сорбционная очистка воды от красителей // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, Томск, 29 Мая-1 Июня 2017. - Томск: Изд-во ТПУ, 2017 - С. 405-406.

- 6 Шарипов З. И. , Абрамов С. В. , Домрачева Д. Ю. , Егошина А. В. , Маркушенко О. П. , Жидкова Е. А. Адсорбционные свойства растительных нефтесорбентов [Электронный ресурс] // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П.Кулева, посвященной 120-летию Томского политехнического университета, Томск, 17-20 Мая 2016. - Томск: ТПУ, 2016 - С. 488-489..
- 7 Гесс Т. А. , Егошина А. В. Способы модификации целлюлозосодержащих нефтесорбентов // Нефть и газ - 2018: тезисы докладов 72-ой Международной молодежной научной конференции , Москва, 23-26 Апреля 2018. - Москва: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина , 2018 - Т. 2 - С. 304
- 8 Егошина А. В., Басалаева М. С. Ротарь О. В. Очистка воды от нефтеразливов с применением природных целлюлозосодержащих сорбентов // XXIII Международный Биос-форум и Молодежная Биос-олимпиада 2018: сборник материалов, Санкт-Петербург, 19 Сентября-25 Октября 2018. - Санкт-Петербург: Любавич, 2018 - С. 235-242.
- 9 Егошина А. В. Юрьева М. Д., Ротарь О. В., Применение новых сорбентов для улучшения экологического состояния водных ресурсов // XXIII Международный Биос-форум и Молодежная Биос-олимпиада 2018: сборник материалов, Санкт-Петербург, 19 Сентября-25 Октября 2018. - Санкт-Петербург: Любавич, 2018 - С. 247-251.