

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Создание наноструктурного сорбционного материала для очистки водных сред от соединений тяжёлых металлов

УДК 661.183.081.2:628.31

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Винокуров Артём Романович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК	Немцова Ольга Александровна			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры менеджмента ИСГТ	Королёва Наталья Валентиновна			

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ОПП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сто- рон
<i>Общекультурные и общепрофессиональные компетенции</i>		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности, знание вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-7, ОК-11, ОК-15, ОПК-1, ОПК-2) ¹ , Критерий 5 АИОР ² (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, уметь применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации; использовать современные технические средства и информационные технологии для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.	Требования ФГОС (ОК-12, ОПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач, применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои	Требования ФГОС (ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9, ОК-10, ОК-11, ОК-14, ОК-15, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5) Кри- терий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС (ОК-13, ОПК-4), Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-5, ПК-17, ПК-18), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
P6	Способность принимать участие в разработке инновационных инженерных проектов в области техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, разрабатывать и использовать графическую документацию, принимать участие в установке, эксплуатации и проведении технического обслуживания средств защиты, следовать	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-14). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
P7	Способность ориентироваться в основных проблемах техносферной безопасности, оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемой техники, использовать современные методы расчетов элементов технологического оборудования по критериям работоспособности и надежности.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-4, ПК-5, ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4)

P8	Способность принимать участие в работе научно-исследовательского коллектива по разработке новых перспективных систем жизнеобеспечения, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, эксперименты, обработку результатов и	Требования ФГОС (ПК-14, ПК-15, ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.9)
P9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в ЧС на объектах экономики.	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12)
P10	Способность анализировать механизмы и характер воздействия опасностей на человека и природную среду с учетом их специфики; использовать методы определения нормативных уровней допустимых негативных воздействий и проводить измерения уровней опасностей в среде обитания; составлять прогнозы возможного развития ситуации.	Требования ФГОС (ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность) 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Романенко С.В.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Е2Б	Винокуров Артём Романович

Тема работы:

Создание наноструктурного сорбционного материала для очистки водных сред от соединений тяжелых металлов

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 2822/с от 14.04.2016
---	------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ul style="list-style-type: none">– Природный минерал магнетит с нанесенными на его поверхность наночастицами оксигидроксида алюминия– Статические условия проведения исследования
---------------------------------	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Проблемы наличия Mn и Fe в водных средах – Методы обнаружения Mn и Fe – Физические методы демангации и обезжелезивания водных сред – Химические методы демангации и обезжелезивания водных сред – Виды материалов для удаления Mn и Fe – Получения сорбционного материала – Исследование полученного материала – Проведение экспериментов – Обсуждение результатов – Выполнение разделов «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» и «Социальная ответственность» – Составление заключения по исследованию
<p>Перечень графического материала</p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин Андрей Александрович</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Королева Наталья Валентиновна</p>
<p>Разработка наноструктурного сорбционного материала для очистки водных сред от ионов марганца и железа</p>	<p>Мартемьянов Дмитрий Владимирович</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>01.03.2016</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК</p>	<p>Немцова Ольга Александровна</p>			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>1Е2Б</p>	<p>Винокуров Артём Романович</p>		

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

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки Техносферная безопасность
 Уровень образования Бакалавриат
 Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
14.03.16	Получение задания и постановка задачи, определение стадий, этапов и сроков разработки	4
24.03.16	Сбор материалов по методам очистки воды от тяжелых металлов	5
30.03.16	Подбор и отработка методик анализа при очистке водных сред от соединений железа и марганца	10
9.04.16	Подготовка нужной фракции природного магнетита для модификации	20
30.04.16	Проведение модификации магнетита	16
05.05.16	Проведение исследований полученного материала	10
10.05.16	Проведение испытаний полученного сорбента на модельных растворах	10
14.05.16	Анализ результатов полученных в результате испытаний	20
20.05.16	Составление пояснительной записки	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ ИНК	Немцова Ольга Александровна			

СОГЛАСОВАНО:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Е2Б	Винокуров Артём Романович

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Техносферная безопасность

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, предоставленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценка потенциальных потребителей исследования, SWOT-анализ, QuaD-анализ, конкурентоспособность.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка сравнительной эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры менеджмента ИСГТ	Королёва Наталья Валентиновна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Винокуров Артём Романович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Е2Б	Винокуров Артём Романович

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i>	<i>Модифицированный оксидгидроксидом алюминия магнетит, для очистки водных сред от ионов Fe^{2+} и Mn^{2+}</i>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) <p>1.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	30.03.2016
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ ИНК	Сечин Андрей Александрович	к.т.н., доцент		30.03.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Винокуров Артём Романович		30.03.16

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 99 страниц, 3 рисунков, 20 таблиц, 33 источников литературы, 2 приложений.

Ключевые слова: сорбент, сорбция, оксигидроксид алюминия, магнетит, тяжелые металлы.

Объектом исследования является магнетит с иммобилизованными наночастицами оксигидроксида алюминия.

В результате было проведено исследование физико-химических свойств полученного материала. Изучение сорбционных характеристик магнетита с иммобилизованными на его поверхности нановолокнами оксигидроксида алюминия при извлечении ионов Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} .

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: образцы сорбента с различным гранулометрическим составом: менее 0,1 мм; 1 - 2 мм; 2,5 - 4 мм.

Степень внедрения: Высокая

Область применения: Водоочистка от тяжелых металлов.

Экономическая эффективность/значимость работы: Высокая.

В будущем планируется разработка новых сорбционных материалов, для очистки водных сред от тяжелых металлов.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Тяжелые металлы: группа химических элементов со свойствами металлов (в том числе и полуметаллы) и значительным атомным весом либо полностью.

Наночастица: изолированный твердофазный объект, имеющий отчетливо выраженную границу с окружающей средой, которого во всех трёх измерениях составляют от 1 до 100 нм.

Сорбенты: твердые тела или жидкости, избирательно поглощающие (сорбирующие) из окружающей среды газы, пары или растворенные вещества.

Регенерация сорбентов: восстановление сорбционных свойств, содержащих загрязнения, поглощённые ими в процессе очистки.

Обозначения и сокращения

МАИР – международное агентство по изучению рака

ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная кислота

ЧС – чрезвычайная ситуация

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	14
1 Присутствие тяжелых металлов в подземных водах.....	16
1.1 Проблема наличия тяжелых металлов в водных средах.....	16
1.1 Методы обнаружения ионов марганца и железа	21
2 Методы деманганации и обезжелезивания водных сред.....	25
2.1 Физические методы удаления соединений железа и марганца водных сред.....	25
2.2 Химические методы удаления соединений железа и марганца из водных сред.....	29
3 Виды материалов для удаления ионов Mn и Fe	34
3.1 Сорбционные	34
3.2 Каталитические	39
3.3 Сорбционно-каталитические	43
4 Разработка нового вида сорбента	45
4.1 Технология получения.....	45
4.2 Методы исследования.....	45
4.3 Свойства полученного сорбента.....	46
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	49
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	Ошибка! Закладка не найдена
5.2 Планирование научно-исследовательской работы.....	56
5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	66
6 Социальная ответственность	71

6.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	72
6.2 Экологическая безопасность.....	80
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	83
6.3 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	86
Заключение	88
Список публикаций студента.....	89
Список использованных источников	90
Приложение А	95

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы

Дефицит качественной питьевой воды, отвечающей всем предъявляемым требованиям, стал одной из самых острых социально-экологических проблем современности и встал в ряд глобальных, так как для нормального функционирования промышленности и сельского хозяйства, коммунально-бытовой сферы необходимо огромное количество чистой воды, пригодной для использования. Специфика проблемы обеспечения населения качественной питьевой водой заключается не в дефиците водных ресурсов, а в отсутствии или недостаточности проводимых соответствующих мероприятий для надлежащей очистки воды, подаваемой в водопроводную сеть, а также в нерациональном ее использовании [1].

Для питьевых целей во многих регионах нашей страны применяются, в основном, подземные воды. Качество подземных вод Томской области по ряду таких показателей как содержание тяжелых металлов, а в отдельных случаях – фенолов, азотсодержащих веществ, нефтепродуктов, сероводорода, метана, не отвечает требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 [30]. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Основная проблема использования подземных вод в Томской области заключается в высоком содержании в них растворенных соединений тяжелых металлов [2].

Особенности состава подземных вод объясняются условиями их формирования. При контакте подземных вод с окружающими их горными породами, в воду поступают химические элементы, входящие в состав этих пород. Железо и марганец растворяются подземными водами в местах, куда не проникает кислород, например под плотными водонепроницаемыми породами, куда не проникают дождевые и талые воды. В местах, куда с дождевыми или

другими водами поступает кислород, железо и марганец находятся в окисленном, нерастворимом состоянии и содержание этих элементов в подземных водах чрезвычайно низко[3].

Цель и задачи исследования

Цель исследования: Разработка и получение нового вида наноструктурного сорбционного материала для очистки водных сред от ионов марганца и железа.

Конкретные задачи работы заключались в следующем:

1. Получение наноструктурного сорбционного материала
2. Разработка оптимальной методики получения материала
3. Исследование физико-химических свойств полученного материала
4. Изучение сорбционных характеристик магнетита с иммобилизованными на его поверхности нановолокнами оксигидроксида алюминия при извлечении ионов Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+}

Научная новизна

В ходе исследовательской работы был разработан и получен новый сорбционный материал на минеральной основе. Разработка заключалась в иммобилизации нановолокон оксигидроксида алюминия на поверхности минерала магнетита. В результате модификации удалось придать минеральному носителю дополнительные сорбционные свойства, увеличить величину удельной поверхности и удельный объем пор, а так же придать материалу заряд поверхности.

1 ПРИСУТСТВИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ

1.1 Проблема наличия тяжелых металлов в водных средах

Используемые для питьевых целей подземные воды, в последнее время все большее подвергаются антропогенному загрязнению. Исследование качества подземных вод выявило большое количество причин ее деградации: закачка неочищенных сточных вод в подземные горизонты; аварии на складах токсичных отходов; подземные захоронения опасных отходов; утечки из промышленных объектов, связанных с нефтью и нефтепродуктами; грубые нарушения правил использования зон санитарной охраны; образование в подземных водах новых или увеличение содержания имеющихся нормируемых компонентов вследствие физико-химических взаимодействий в системе вода – порода [4-7].

Среднее содержание марганца в земной коре (кларк) 10-4% (по массе), в таких количествах он присутствует в большинстве изверженных пород. Поскольку соединения марганца не летучи, но при высоких температурах элемент возгоняется в атмосферу и воздух в виде металлических паров (миражи – воздух внизу рябит) не накапливается при возгоночных по трещинам и трубкам магматических лавовых процессах; он концентрируется, осаждаясь из паров и горячих глубинных вод на катализаторах кристаллообразования – металлическом железе (вместе с S, Se, Sb, Fe, Co, Ni, Cu и другими элементами).

Содержание мышьяка в биосфере $3 \cdot 10^7$ %, в речных водах $3 \cdot 10^5$ %. Марганец, попадающий в океан с речной водой, довольно быстро осаждается. Морская вода содержит $1 \cdot 10^{-7}$ % марганца (там много золота, которое его вытесняет), однако в сланцевых и глиняных породах (по берегам рек и водоемов, в глинистых черных формированиях и по краям карьеров) - $6,6 \cdot 10^{-4}$

% . Марганцем часто обогащены осадочные железные руды, железомарганцевые и иные железные породы.

Хотя уровни марганца в естественных водах обычно низки (несколько $\mu\text{g/L}$), питьевые воды в некоторых областях в мире содержат концентрации мышьяка свыше 100 из $\mu\text{g/L}$. Эти повышенные концентрации марганца - результат естественной геохимической активности. Железо как правило преобладает; однако, некоторые грунтовые воды содержат до 50 % железа.

Обзор контрольных данных качества воды, собранных во время периода 1976-1993, показал, что концентрации марганца в питьевых водах в США лежат между <2.5 и $28 \mu\text{g/L}$ в поверхностных водах, и между <5 - $48 \mu\text{g/L}$ в источниках грунтовой воды. Согласно этим данным, приблизительно 2% американского населения употребляют воду, содержащую более $10 \mu\text{g/L}$ марганца. Области особенно высоких концентраций марганца были идентифицированы американским EPA в подробном анализе 1978 контрольных данных качества воды. Они включают части Калифорнии и Невады, где естественный уровень марганца высок; сообщили о средних концентрациях марганца до $80 \mu\text{g/L}$ и максимальных уровнях больше $1400 \mu\text{g/L}$. Марганца был обнаружен в 67 % из 3834 образцов питьевой воды, взятых в этом году (предел чувствительности $0.1 \mu\text{g/L}$); средняя концентрация была $2.4 \mu\text{g/L}$.

В большом количестве России водоносные горизонты имеют повышенное содержание железа, фтора, брома, бора, марганца, стронция и других опасных загрязнителей. За последнее десятилетие в России были основательно изучены причинно-следственные связи неинфекционной заболеваемости населения с природным и антропогенным загрязнением питьевой воды [8, 9].

Согласно статистическим данным, полученные за последнее десятилетие в России увеличилось количество людей, страдающих так называемыми

«каменными» заболеваниями. Исследования в этой области показали, что одной из причин заболеваний является депонирование в тканях и органах организма человека различных соединений тяжелых металлов. Влияние отдельных элементов на организм человека зависит от их количества, содержащегося в питьевой воде, и степени токсичности

Под влиянием тяжелых металлов и других соединений происходит поражение почти всех органов или систем организма человека: печени (кадмий, хром, никель), глотки (ртуть, никель), сердечно-сосудистой системы и скелета (кадмий), половой системы (ртуть), выделительной системы (ртуть, мышьяк, хром, никель), респираторного тракта (кадмий, мышьяк), крови (железо), а также центральной нервной системы (ртуть, марганец, свинец).

Избыток таких элементов, как цинк, хром, железо и медь способствует развитию язвенной болезни 12-перстной кишки и лейкозу, изменению в составе плазмы крови и эритроцитов. Медь, олово, свинец и ртуть способствуют уменьшению проницаемости мембран клеток и препятствуют свободному проникновению в нее натрия и молекул органических веществ. Токсичность низких доз кадмия, поступающих вместе с водой, влечет за собой тяжелое поражение почек и связанной с этим гипертонической болезнью. Научно так же известен алергизирующий эффект хрома, связано это с тем, что хром имеет высокую степень комплексообразования. Для хрома доказаны канцерогенный и мутагенный эффекты.

Международным агентством по изучению рака считается доказанной роль мышьяка, содержащегося в воде, в возникновении опухолевых заболеваний человека. По оценке экспертов воздействие в течение всей жизни мышьяка, поступающего с водой в концентрации $0,2 \text{ мг/дм}^3$, дает увеличение на 5 % риска развития рака кожи.

Например, главными источниками хрома в биосфере являются производственные отходы (гальванические осадки, отходы кожевенных заводов и производства, где хром содержится в составе пигментов и красителей), сточные воды. Другими менее важными источниками загрязнения хромом являются воды из циркуляционных систем охлаждения, производство клея, средства для стирки белья. Соединения хрома (VI) и хрома (III) обладают канцерогенным (вызывают рак легких и желудка) и аллергенным действием. Хром в природных соединениях имеет степени окисления (III), и (VI). Высокоокисленные формы хрома менее устойчивы, чем хром (III). Наиболее ядовиты соединения хрома (VI), высокотоксичны соединения хрома (III), а соединения хрома (II) менее токсичны. При отравлении соединениями хрома в первую очередь поражаются почки, затем - печень и поджелудочная железа. Соединения хрома канцерогенны (вызывают рак легких и желудка) и аллергены.

Ртуть не выполняет никакой физиологической функции в организме человека. Она высокотоксична и очень хорошо кумулируется. Для неорганических соединений ртути характерны поражения почек и печени, органические соединения ртути нейротоксичны и эмбриотоксичны. Свинец, обладая крайне высокой способностью к кумуляции в костях, имеет свойства вызывать нарушения эритропоеза, вызывает поражения нервной системы, почек, приводит к раннему атеросклерозу. При концентрации в питьевой воде $0,1 \text{ мг/дм}^3$ организмом аккумулируется больше половины свинца попавшего в организм, и его содержание в крови в этом случае составляет $0,025 \text{ мг/дм}^3$. Такое содержание свинца в крови считается предельным, так как при его небольшом превышении нарушается процесс образования эритроцитов.

Вода с высоким уровнем содержанием железа, марганца и меди достаточно неприятна на вкус, и как правило имеет бурый цвет, либо черный.

При стирке такая вода будет окрашивать ткани, образовывать засоры в трубах, затрудняющие ток воды и приводящие к повреждению водопроводной сети.

Эти обрастания вторично ухудшают органолептические свойства. В природных водах железо встречается, как правило, в регионах его месторождений. В водных средах оно присутствует чаще всего в форме бикарбоната, закиси, сульфата и сульфида. В силу гидрохимических закономерностей в подземных водах железо встречается в различных соотношениях с марганцем. В питьевой воде железо может присутствовать, кроме того, после использования железосодержащих коагулянтов, а также в результате коррозии труб системы распределения воды.

Содержание тяжелых металлов в природных водах значительно превышает установленные нормативами санитарных правил и норм значения предельно допустимых концентраций в питьевой воде. Например, содержание таких металлов как кобальт, медь, никель находится в пределах 0,1-38,2 мкг/дм³, а для цинка, ртути и марганца оно достигает 0,1-0,5 мг/дм³, причем иногда концентрация марганца во взвеси, собранной в водохранилище, достигает 0,8-11 мг/дм³, а в подземных водах, связанных с месторождениями марганца, - 300 мг/дм³ и выше [14, 15].

В природных водах различных водохранилищ количество соединений железа достигает обычно 17 (редко – 30) мг/дм³. В последнее время (начиная с 1991 года) наблюдается тенденция к ухудшению качества вод используемых горизонтов за счет таких загрязнителей, как железо и марганец, что вызывает трудности при подготовки этих вод для питьевых нужд.

Железо в природных водах встречается в виде ионов Fe²⁺ и Fe³⁺, а также в виде органических и неорганических соединений (коллоидов и взвесей). В подземных водах оно находится как правило в виде ионов Fe²⁺, так как достаточно низкая концентрация растворенного кислорода.

1.1 Методы обнаружения ионов марганца и железа

Железо постоянно присутствует в поверхностных и подземных водах; концентрация его в этих водах зависит от геологического строения и гидрологических условий бассейна. Высокое содержание железа в поверхностных средах указывает на загрязнение их шахтными или промышленными сточными водами. Особенно стоками металлообрабатывающих производств, травильных цехов и др. При водоснабжении для питьевых и хозяйственных нужд высокое содержание железа в воде вызывает технические затруднения.

Некоторые свойства и компоненты воды, например рН, карбонаты, двуокись углерода, растворенный кислород, сероводород и микроорганизмы, окисляющие или восстанавливающие железо, обуславливают присутствие железа в растворимой или в нерастворимой форме.

Для определения общего содержания железа в различных водах использовались три колориметрических метода: с роданидом, сульфосалициловой кислотой и *o*-фенантролином.

Колориметрическое определение с роданидом:

Железо в пробе окислением переводят в трехвалентную форму. В этой форме железо в кислой среде реагирует с роданидом, вызывая красное окрашивание. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации железа. Прямо можно определить 0,05–4,0 мг железа в 1 дм³ воды с точностью $\pm 0,05$ мг.

Колориметрическое определение с сульфосалициловой кислотой:

Определение основано на реакции сульфосалициловой кислоты с солями железа в щелочной среде с образованием желтого комплекса железа. Этим

способом можно определить 0,1–10 мг/дм³ железа. Точность определения $\pm 0,1$ мг.

Колориметрическое определение с *o*-фенантролином:

При реакции *o*-фенантролина с ионами железа (II) в области рН от 3 до 9 образуется красно-фиолетовое комплексное соединение. Интенсивность окраски раствора пропорциональна концентрации железа. Прямое определение возможно при содержании железа 0,05-2,0 дм³ воды [10].

Что касается марганца то, марганец присутствует в воде обычно в растворенной форме в виде двухвалентных ионов, а в нерастворенной форме – в виде гидроокисей высших степеней окисления. В грунтовых и поверхностных водах концентрация марганца зависит от геологических условий в бассейне. Большое количество марганца бывает в сточных водах обогатительных фабрик в стоках металлургических заводов, в шахтных водах и в некоторых сточных водах химической промышленности.

Физико-химические методы

Люминесцентный метод

При упаривании раствора соли Mn(II) с CaCO₃ и облучении смеси ультрафиолетовыми лучами с длиной волны 365,7 нм Mn(II) дает желтое люминесцентное свечение. Открываемый минимум 0,00001 мкг Mn. Мешают Sb(III) и Bi(III). Рубиново-красный цвет люминесценции получают при высушивании Mn(II) с Na₂HPO₄. Обнаруживаемый минимум 5,0 мкг, предельное разбавление 1:4×10³.

Метод внутреннего электролиза

Метод дает возможность обнаруживать марганец в присутствии ионов Ag(I), Al(III), As(V), Ba(II), Be(II), Bi(III), Ca(II), Cd(II), Co(II), Cr(III), Zn(II), Zr(IV), Mo(VI), V(V), W(VI), NO₃⁻ и SO₄²⁻.

В нейтральный исследуемый раствор погружают установку для внутреннего электролиза с катионом PbO_2^+ разбавленная H_2SO_4 . В присутствии марганца появляется коричневый осадок $\text{MnO}_2 + n\text{H}_2\text{O}$. Обнаруживаемый минимум $0,008 \text{ мг/см}^3$.

Кинетический метод

Для обнаружения марганца применяют реакции, основанные на изменении цвета исходных веществ, благодаря каталитическому действию на них Mn(II) .

Обнаружение марганца обычно проводят по реакции окисления периодатом калия *n*-фенетидина.

К $4,5 \text{ см}^3$ исследуемого раствора и к такому же объему воды прибавляют $0,5 \text{ см}^3$ насыщенного раствора периода калия и $0,1 \text{ см}^3$ $0,1\%$ -ного свержеприготовленного раствора *n*-фенетидина. В присутствии Mn(II) через 2–3 мин. Раствор окрашивается. Мешают ионы Cr(III) и Fe(III) , а также Cl^- в большом избытке. В случае других органических реагентов прибавляют к исходному раствору (3 см^3) по 1 см^3 периода калия и органического соединения.

Обнаружение марганца проводят по реакции окисления ЭДТА бихроматом калия.

В пробирку помещают по 2 см^3 . $0,01 \text{ М}$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, ацетатного буферного раствора (рН 4–4,6), $0,1 \text{ М}$ ЭДТА и 5 мг анализируемого раствора. Смесь нагревают до кипения. В присутствии Mn(II) появляется интенсивная фиолетовая окраска. Чувствительность – 6 мкг Mn , предельное разбавление $1:3 \times 10^7$. Мешают Ag(I) , Au(III) , Hg(I) , Ir(IV) , V(V) , Cr(III) , Ce(IV) .

Обнаруживают Mn(II) также действием ацетилсалициловой кислоты на H_2O_2 .

В углубление капельной пластинки помещают каплю нейтрального или слабокислого анализируемого раствора, прибавляют по капле насыщенного раствора салициловой кислоты в 15%-ном растворе аммиака и 15%-ного раствора перекиси водорода. В присутствии Mn(II) появляется красноватое окрашивание, при значительном содержании марганца – бурый осадок. Предельное разбавление $1:5 \times 10^5$. Мешают большие количества Sn(II), Cr(III), U(IV), Tl(I), Ag(I), Hg(I), Cu(II), Pb(II), Au(III), V(V), Fe(III), Ti(IV), Co(II), и Ni(II) [11].

Так же для определения общего содержания всех форм марганца в питьевых, поверхностных и сточных водах использовался колориметрический метод, в котором марганец (II) окисляют до перманганата персульфатом. Раздельное определение нерастворимых и растворимых форм марганца проводились, определяя его в нефильтрованной и в профильтрованной пробах.

Колориметрическое определение после окисления персульфатом:

Соединения марганца количественно окисляют персульфатом в азотнокислой среде до перманганата. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации марганца. Без изменения объема пробы можно определять марганец при содержании его от 0,05 до 10 мг в 1 дм³. Для определения меньших концентраций марганца в питьевых и поверхностных водах пробу предварительно упаривают.

2 МЕТОДЫ ДЕМАНГАНАЦИИ И ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДНЫХ СРЕД

2.1 Физические методы удаления соединений железа и марганца водных сред

Поскольку железо и марганец относятся к токсичным тяжелым металлам, то, согласно принятым санитарным нормам СанПиН 2.1.4.1074 -01 [30], их содержание в питьевой воде не должно превышать 0,3 мг/дм³ для железа и 0,1 мг/дм³ для марганца. Требования многих производств (пищевых, энергетика, электроника) значительно жестче. Поэтому удаление железа и марганца из водных сред (обезжелезивание и деманганация воды) являются важной и очень распространенной стадией в водоподготовке.

В подземных (артезианских) водах, забираемых с большой глубины, железо и марганец чаще всего встречается в виде (Mn^{2+}) и (Fe^{2+}). При подъеме на поверхность после контакта такой воды с воздухом, в ней растворяется кислород, после чего происходит окисление железа и марганца. Вода приобретает неприятные запах и вкус, а при хранении на воздухе в ней осаждаются красно – бурый осадок.

В поверхностных водах вследствие наличия избытка кислорода железо находится в окисленном, трехвалентном состоянии. Окисленные формы марганца гидролизуются с образованием практически нерастворимых гидроксидов $Mn(OH)_3$ и $Mn(OH)_4$. Так как, железо в поверхностных водах встречается в коллоидном состоянии оно может входить в состав органических комплексов с солями гуминовых кислот (гуматы, танины и лигнины), а также в состав железобактерий (бактериальное железо), которое образуется в процессе жизнедеятельности железобактерий и серобактерий, окисляющих

двухвалентное железо до трехвалентного состояния. Такие соединения находятся в виде коллоидов.

В простейшем случае, если в воде присутствует только взвеси соединения железа и марганца, что бывает в системах питающихся подземной водой через водонапорные башни, или очистные сооружения, где вода подвергалась обеззараживанию окислителями, а также в изношенных системах водораспределения при контакте очищенной воды с поверхностью труб, для очистки такой воды достаточно простого отстаивания или механической фильтрации. Так же, для удаления железа можно использовать насыпные и мембранные фильтры. Регенерируемые фильтры с гранулированными загрузками рекомендуется применять при высокой производительности установок. В бытовых условия оптимально использование одноразовых картриджных мембранных фильтров с размером пор 5–50 мкм. Также возможно применение регенерируемых микро – и ультрафильтрационных мембран, например, керамических или металлокерамических. Устанавливаемые в настоящее время, в массовом порядке сетчатые фильтры, для этих целей не эффективны, поскольку после засорения слоем гидроокиси железа они практически не регенерируют.

Многие предлагают проводить очистку от железа и марганца физическими методами - нанофильтрацией и обратным осмосом. Но все современные композитные мембраны очень чувствительны к содержанию железа в воде. Это объясняется тем, в процессе фильтрации при окислении двухвалентного железа в толще мембраны образуется практически неудаляемое трехвалентное железо, что приводит к снижению производительности и селективности, так называемое отравление мембраны.

Процеживание представляет собой пропускание очищаемой воды через всяческие решетки и сита, на которых происходит улавливание крупных

загрязнителей. Этот метод можно отнести к грубой очистке, и часто выступает в качестве предварительной стадии. Его назначение – удалить из очищаемой воды крупные частицы загрязнители для снижения нагрузки на очистные сооружения и обеспечить работоспособность последующих установок тонкой очистки, которые могут выйти из строя из-за попадания взвешенных частиц находящихся в воде.

Отстаивание считается, по мнению специалистов, наиболее простым способом фильтрации. Железо и марганец, которые находятся в растворимом состоянии, будут окисляться самостоятельно, при этом будет формироваться специфичный осадок. Соответственно, очистка таким методом совершается естественным путем. Но для того чтобы воду можно было использовать безо всякого вреда для организма человека, а так же использовать в пищу, отстоявшийся осадок нужно просто удалить. Некоторые водоочистные установки от железа и марганца до сих пор основываются именно на таком методе. То есть, сначала жидкость из скважины попадает в некий накопитель. Там она находится определенное количество времени, в процессе чего растворимые железо и марганец окисляются до келоидного состояния и осаждаются в виде осадка. Тем не менее, описанный метод обладает несколькими существенными недостатками. Прежде всего, для его успешного осуществления необходим достаточно вместимый резервуар, воду из которого с помощью дополнительных насосов необходимо выкачивать. Так же, для отстаивания необходимо достаточно продолжительное время, а это не всегда бывает удобным для потенциальных потребителей. Очистка воды с помощью описанного метода не является гарантией стопроцентного результата. Кроме того, она может быть использована исключительно в качестве предварительного этапа в определенном цикле, когда происходит глубокое обезжелезивание воды.

Способ фильтрования в своей основе имеет прохождение очищаемых водных сред фильтрующего материала имеющий пористую структуру, где происходит осаждение частиц определенного размера. Процеживание и фильтрация своему принципу схожа, однако различия заключаются в степени очистки, одни могут проводить грубую очистку, другие тонкую. С помощью фильтрации можно очистить воду от взвешенных частиц такие как песок, ил, а также различные твердые включения размером меньше одного микрона. Фильтрация способствует улучшению органолептических свойств воды. Механическая фильтрация получила широкое распространение, как в крупных установках водоочистки, так и в бытовых фильтрах малой производительности.

Метод заключается в фильтровании воздушно- водной эмульсии через «сухую» (незатопленную) зернистую загрузку путем создания в фильтре вакуума или нагнетания большого количества воздуха с последующим отсосом из поддонного пространства. При этом на поверхности фильтрующей загрузки образуется адсорбционно-каталитическая пленка из соединений железа (и марганца, если он присутствует в воде), повышая эффективность процессов обезжелезивания и деманганации. В качестве загрузки обычно используются песок, керамзит, антрацит, винипласт и др. Особенность процесса – образование дегидратированной пленки на зернах загрузки, состоящей из магнетита, сидерита, гетита и гематита. Указанные соединения имеют плотную структуру, а объем их в 4–5 раз меньше, чем у гидроксида железа. Поэтому невысок темп прироста потерь напора в загрузке при такой схеме процесса[12].

2.2 Химические методы удаления соединений железа и марганца из водных сред

Химический метод, позволяющий извлечь двухвалентные железо и марганец - это ионный обмен на неорганических и органических ионитах. В тех случаях, когда вода умягчается на катионите в Na – форме, т.е. из нее сорбируются катионы кальция и магния, одновременно сорбируются двухвалентные железо и марганец. При регенерации солью они десорбируются. Такая технология применима, когда в качестве катионита используются неорганические материалы, например, сульфоуголь.

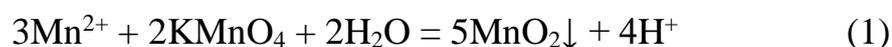
В процессе очистки воды от марганца активно применяются каталитические процессы. С помощью насоса дозатора на поверхности фильтрующего материала образуется слой гидроксида четырехвалентного марганца, способного окислить двухвалентный оксид марганца до трехвалентной формы. Трехвалентная форма оксида окисляется растворенным кислородом воздуха до нерастворимой формы, при условии высоких концентраций в том числе.

При фильтровании воды через слой ионита железо – согласно лиотропному ряду – будет задерживаться и поглощаться ионитом раньше и лучше кальция и магния. И обменная емкость ионита по кальцию и магнию будет быстро уменьшаться. Поэтому удаление из воды железа методом ионного обмена (катионирование) допускается, когда одновременно с обезжелезиванием требуется умягчение воды. Однако в этом случае возможно только извлечь железо в растворенной двухвалентной форме. При наличии в воде кислорода ион Fe^{2+} окисляется, образующийся гидроксид железа $Fe(OH)_3$ плохо растворим

в воде и, осаждаясь на зернах ионита, «закрывает» его поры. Ресурс работы ионообменного материала будет значительно снижен. Поэтому производители ионитов ограничивают содержание железа (Fe) в исходной воде значениями 0,05–0,3 мг/дм³. Следовательно, применение этого метода должно быть экономически обосновано. Современные эффективные способы удаления органического железа – сорбция на специальных слабоосновных анионитах (органопоглотителях) и ультрафильтрация.

Удаление марганца (II) методом ионного обмена так же, как и железа (II), происходит при натрий- и водород-катионировании. Метод целесообразен при необходимости одновременного глубокого умягчения воды и проведения обезжелезивания и деманганации [13].

Деманганация перманганатом калия. Данный метод применяется как для подземных, так и для поверхностных вод. Введение в воду перманганата калия провоцирует окисление растворенного марганца с образованием малорастворимого оксида марганца в соответствии со уравнением 1:



Осажденный оксид марганца (в виде хлопьев) отличается высокой развитой удельной поверхностью, приблизительно 300 м² на 1 г осадка. Это свидетельствует о его высоких сорбционных свойствах. Данный осадок является отличным катализатором, так как при его наличии возможна деманганация при показателе pH 8.5. Для избавления от 1 мг двухвалентного марганца потребуется 1.92 мг перманганата калия. Такая пропорция предполагает окисление 97 % двухвалентного марганца.

Метод окисления двухвалентного железа используется путем введения в исходную воду перед фильтрами раствора перманганата калия KMnO₄. Последний может также вводиться в сочетании с гипохлоритом натрия с целью обработки сложных вод и экономии перманганата калия – достаточно

дорогостоящего окислителя. При обработке воды перманганатом калия реакция окисления железа с последующим гидролизом протекает по уравнению 2:



По уравнению 2 на окисление 1 мг Fe^{2+} тратится 0,71 мг (практически 1 мг) перманганата калия, а щелочность воды уменьшается на 0,036 ммоль/дм³.

В процессе аэрации кислород воздуха окисляет двухвалентное железо, при этом из воды удаляется углекислота, что ускоряет процесс окисления и последующий гидролиз с образованием гидроксида железа.

Метод основан на способности воды, содержащей двухвалентное железо и растворенный кислород, при фильтровании через зернистый слой выделять железо на поверхности зерен загрузки, образуя каталитическую пленку из ионов и гидроксидов двух- и трехвалентного железа. Пленка активно интенсифицирует процесс окисления и выделения соединений железа из воды.

При поступлении в фильтр первых порций очищаемой воды в начале процесса обезжелезивания на поверхности наполнителя формируется мономолекулярный слой соединений железа (физическая адсорбция). Поверхностный слой химически более активен, чем чистый наполнитель, что ускоряет процесс осаждения железа. Значение истинной поверхности пленки соединений железа более 200 м²/г, что определяет ее свойства как сильного адсорбента губчатой структуры. Эта пленка одновременно служит катализатором окисления двухвалентного железа. Нужно отметить: ряд примесей в очищаемой воде, таких как сероводород, свободная углекислота, коллоидная кремниевая кислота, аммиак, заметно ухудшают каталитические свойства пленки.

Когда необходимо удалить из воды железо при концентрации его в воде более 10 мг/дм³ и увеличить значение рН более 6,8, осуществляется аэрация в специальных устройствах. Для этого используют вентиляторные градирни

(дегазаторы) или контактные градирни с естественной вентиляцией. Исходная вода подается в верхнюю часть вентиляторной градирни, заполненной керамической насадкой (кольца Рашига). Навстречу потоку воды с помощью вентилятора направляют воздух. В процессе аэрации выделяется углекислота (диоксид углерода), вода обогащается кислородом и происходит окисление железа. Затем вода подается в фильтр, где в объеме наполнителя завершается образование хлопьев гидроксида трехвалентного железа и их задержание.

При фильтровании воды через слой ионита железо – согласно лиотропному ряду – будет задерживаться и поглощаться ионитом раньше и лучше кальция и магния. И обменная емкость ионита по кальцию и магнию будет быстро уменьшаться. Поэтому удаление из воды железа методом ионного обмена (катионирование) допускается, когда одновременно с обезжелезиванием требуется умягчение воды. Однако в этом случае возможно только извлечь железо в растворенной двухвалентной форме. При наличии в воде кислорода ион Fe^{2+} окисляется, образуя гидроксид железа $Fe(OH)_3$ плохо растворим в воде и, осаждаясь на зернах ионита, «закрывает» его поры. Ресурс работы ионообменного материала будет значительно снижен. Поэтому производители ионитов ограничивают содержание железа (Fe) в исходной воде значениями 0,05–0,3 мг/дм³. Следовательно, применение этого метода должно быть экономически обосновано. Современные эффективные способы удаления органического железа – сорбция на специальных слабоосновных анионитах (органопоглотителях) и ультрафильтрация.

Удаление марганца (Mn) методом ионного обмена так же, как и железа (Fe), происходит при натрий- и водород-катионировании. Метод целесообразен при необходимости одновременного глубокого умягчения воды и проведения обезжелезивания и деманганации.

По уравнению 2 на окисление 1 мг Fe^{2+} тратится 0,71 мг (практически 1 мг) перманганата калия, а щелочность воды уменьшается на 0,036 ммоль/дм³. СНиП 2.04.02-84 [31] определяют расчетную дозу перманганата калия (в пересчете на 100%, мг/дм³) для окисления железа и марганца при помощи следующего выражения: сульфат алюминия (глинозем) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ при рН исходной воды 6,5–7,5; сульфат железа (железный купорос) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ при рН воды 4–10; хлорное железо $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ для воды с рН = 4 – 10; полигидроксихлорид алюминия $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$.

Для интенсификации процесса коагуляции в воду дополнительно вводят флокулянты (наиболее распространен полиакриламид). Флокулянты способствуют укрупнению осадка и ускоряют процесс слипания осаждаемых коллоидных и взвешенных частиц.

Скорость процесса окисления двухвалентного марганца реагентами-окислителями из ряда: хлор, диоксид хлора (ClO_2), гипохлорит натрия, озон – зависит от величины рН исходной воды. При введении хлора или гипохлорита натрия эффект окисления достигается в достаточно полной мере при значениях рН не менее 8,0–8,5 и времени контакта окислителя и воды 60–90 мин. В большинстве случаев (если окислитель – только кислород и рН < 7,0) обрабатываемая вода должна быть подщелочена. Требуемая доза реагента для окисления Mn^{2+} до Mn^{4+} по стехиометрии составляет 1,3 мг на каждый миллиграмм растворенного двухвалентного марганца. Фактические дозы гораздо выше.

Обработка воды озоном или диоксидом хлора значительно эффективнее. Процесс окисления марганца завершается в течение 10–15 мин при значении рН воды 6,5–7,0. Доза озона по стехиометрии составляет 1,45 мг, а диоксида хлора 1,35 мг на 1 мг двухвалентного марганца. Однако при озонировании воды озон подвержен каталитическому разложению оксидами марганца, а потому

доза должна быть увеличена. Указанные количества окислителей KMnO_4 , ClO_2 , O_3 – теоретические. Практически дозы окислителей зависят от значения pH, времени контакта окислителей с водой, от образующихся отложений, содержания органических веществ, конструкции аппаратов и могут составить увеличение по сравнению с теоретическими количествами: для KMnO_4 – в 1–6 раз, для ClO_2 – в 1,5–10 раз, для O_3 – 1,5–5 раз.

3 ВИДЫ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ИОНОВ Mn И Fe

3.1 Сорбционные

Технология подготовки воды любого объема не обходится без использования сорбентов. Исследования по совершенствованию сорбционной очистки воды направлены на использование активированных сорбентов, таких как угли, цеолиты, песок, древесная целлюлоза, доломит, антрацит, покрытая сорбирующим веществом и прочие зернистые загрузки.

На поверхность некоторых нанесена пленка из оксидов марганца, для очистки воды от железа и марганца, так как эти элементы схожи по химическим свойствам и зачастую одновременно присутствуют в воде.

В нашей стране достаточно широко применяются импортные фильтрующие материалы для удаления железа и марганца, известные под торговыми марками Birm Fine, MC.

Birm представляет собой алюмосиликатный минерал, полученный из вулканической золы и обработанный диоксидом марганца. Эффективность деманганизации и деферризации с помощью Birm основана на ускорении реакции окисления растворенных в воде форм железа и марганца кислородом воздуха до нерастворимых соединений и задержания осадка толщиной загрузки. Для восстановления фильтрующих свойств требуется только обратная промывка исходной водой, регенерация перманганатом калия не проводится.

Сорбент МС – это искусственный гранулированный, пористый, фильтрующий материал, созданный на основе силикатов щелочных и щелочноземельных металлов. Используется для подготовки питьевой воды и для обработки производственной и сточной воды. Рекомендуется как для напорных, так и для безнапорных систем. В основном данный сорбент применяется для контактных осветлителей в системе промышленного водоснабжения, а так же для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Данный сорбент не несет в себе никаких добавок, поэтому, удаление обработки в процессе водоочистки не может произойти, тем самым является гарантом эффективной фильтрации.

Сорбент МС эффективно удаляет железо, марганец, тяжелые металлы, фенолы и так далее.

Так же эффективно удаляет все виды окислителей, при низких значениях кислотности, что позволяет снизить расход реагентов на дополнительное окисление веществ.

Механические загрязнения, которые задерживаются в конце слоях загрузки. Удаляются обратной промывкой.

В процессе водоочистки исключен расход сорбента, что также является немаловажным преимуществом. Обладает долгим сроком эксплуатации, устойчив к хлору и обладает высокой грязеемкостью [14].

Сорбенты для очистки воды из голубой глины представляют собой песок, искусственно спеченный из медицинской голубой глины, имеющий сильно развитую поверхность. Уникальный химический состав голубой глины характеризуется повышенным содержанием редкоземельных металлов и кремния, что и способствует появлению лечебных действий. Применяют их в фильтрах засыпного типа для очистки от механических частиц, взвесей, песка,

коллоидных частиц, ржавчины, растворенного железа и марганца, а так же и в нерастворимой форме.

MAS-S – сорбент на основе природных кремнистых пород. Производится по уникальной технологии активного преобразования структуры. Микропористый сорбент для очистки различного рода загрязнений.

Улучшает органолептические свойства питьевой воды (запах, вкус и цвет). Эффективно удаляет соединения марганца, железа, фенолов, сульфатов и т.д. Снижает уровень радионуклидов, чистит воду от азотсодержащих примесей, лекарственных форм, тяжёлых металлов, поверхностно-активных веществ и хлорорганических соединений.

Сорбент MAS-S стабилизирует рН-баланс и структурирует воду. Смягчает и оптимально минерализует воду. Средний срок службы сорбента до замены или регенерации от 1 года до 1,5 лет. Сорбент MAS-S подвергается многократной регенерации, которую легко провести в домашних условиях[15].

Основным элементом цеолитовых фильтров является уникальный природный сорбционный и фильтрующий материал – природный кристаллический цеолит (клиноптилолит).

Этот материал обладает всеми положительными свойствами катионообменных смол, широко используемых для умягчения воды, и в то же время лишен их недостатков. Он умягчает воду, одновременно удаляя из нее железо и марганец, и после каждого цикла регенерации полностью восстанавливает обменную емкость по этим веществам. Кроме того, наряду с железом, марганцем и солями жесткости он удаляет из воды аммоний, а также уменьшает ее коррозионность, повышая величину водородного показателя рН.

Для эффективного удаления растворенного железа с помощью цеолита не требуется предварительная аэрация воды или введение в нее окислителей [16].

На сегодняшний день для решения проблем связанных с невозможностью применения, по ряду причин, каких-либо из стадий многостадийных технологий очистки воды включающих в себя:

- стадию удаления железа и марганца загрузками типа Greensand и Birm,
- стадию умягчения на Na-катионитовых фильтрах,
- стадию удаления гуминовых веществ активированным углем

Когда каждая из стадий реализуется в отдельном аппарате, поскольку условия их эксплуатации существенно различаются.

Помимо многостадийности и высокой стоимости традиционный подход отличается также недостаточной эффективностью в случае присутствия в воде гуминовых веществ (при перманганатной окисляемости, превышающей 4–5 мгО₂/дм³), поскольку это приводит к образованию органических комплексных соединений железа, взаимодействие которых с вышеуказанными загрузками затруднено.

Ученые нашли выход из сложившейся сложной ситуации и предложили в качестве альтернативы технологию, основанную на использовании комбинированной загрузки Экософт - Микс, позволяющей в одну стадию и в одном аппарате осуществить умягчение воды и удаление из нее железа, марганца, алюминия, гуминовых веществ, аммония и, в случае необходимости, ионов тяжелых металлов. Комбинированная загрузка Экософт - Микс представляет собой смесь из пяти сорбционных материалов природного и синтетического происхождения, различающихся механизмом сорбционного и фильтрующего действия, удельным весом и гранулометрическим составом. При изготовлении загрузки все компоненты тщательно перемешиваются в заданных рецептурой количествах, а при эксплуатации загрузка расслаивается, причем последовательность образующихся слоев обеспечивает максимально

эффективное удаление всех примесей. Соотношение компонентов в смеси колеблется в относительно широких пределах и может изменяться в зависимости от состава очищаемой воды. Восстановление сорбционных свойств загрузки Экософт – Микс осуществляется путем ее регенерации раствором хлористого натрия и промывки водой.

Единственным недостатком использования фильтров с Экософт-Микс является невозможность регулирования жесткости очищенной воды.

Экософт – Микс эффективно очищают воду в следующем диапазоне концентраций: железо - не более 10 мг/дм³, марганец - не более 2 мг/дм³, общее солесодержание - не более 4000 мг/дм³.

Гранулированный активированный уголь предназначен для удаления запаха, цвета и снижения содержания растворенных органических веществ в воде муниципальных и промышленных объектов. Гранулы активированного угля, полученные из специальной кокосовой скорлупы, обладают высокой плотностью и прочностью на механическое и динамическое истирание.

Основное применение активированного угля - устранение нежелательных запахов (хлора и его органических соединений) и снижение цветности воды. Высокая степень очищенности угля и нейтральный pH предотвращают вторичное загрязнение очищаемой воды. Высокая эффективность угля достигается получением гранул с максимальной сорбционной емкостью.

Активированный уголь требует периодической обратной промывки водой для удаления задержанных взвешенных частиц и перераспределения фильтрующего материала. Его необходимо менять при снижении сорбционных свойств.

3.2 Каталитические

Загрузки с каталитическими свойствами получили широкое применение в современных небольших производительных водоочистных системах. В качестве загрузки используют гранулированный материал на основе природных минералов, имеющие в своём составе диоксид марганца или загрузки, в которые диоксид марганца нанесен на поверхность фракционного состава. К ним относятся дробленый пиролюзит, "черный песок", сульфуголь и МЖФ (отечественные загрузки); Manganese Green Sand (MGS), Birm, МТМ (зарубежные наполнители). Все представленные выше загрузки отличаются друг от друга содержанием диоксида марганца так и физическими характеристиками, значит эффективная их работа будет в различных диапазонах значений параметров водных сред.

Принцип работы этих загрузок основан на окислении марганца до двухвалентного состояния. После чего высшие оксиды марганца будут окислять двухвалентное железо. Далее железо окисляется до низших ступеней окисления, а затем вновь окисляются до высших оксидов с помощью растворенного кислорода и перманганата калия, после чего основная часть окисленного железа задерживается на фильтрующем материале, для очистки загрузки от загрязнителей используют обратную промывку. Из чего следует что каталитические загрузки одновременно окисляют и фильтруют воду. Для повышения производительности окисления, могут добавляться химические реагенты.

Пропускная способность загрузки с каталитическими свойствами может достигать 15 м/ч при высоте слоя материала менее 1 м [18].

Пиролюзит – природный минерал, имеющий наибольшую плотность и обладает наилучшими каталитическими характеристиками. Но для обратной

понадобится больше воды. При этом данная загрузка способна без химических реагентов достаточно хорошо справляться с загрязнениями железа и марганца, даже при наличии в воде сероводорода и при низкой степени кислотности воды. Тем самым обеспечивается его определенная область применения. Заграничные загрузки разработанные на основе минерального пиролюзита носят названия Fillox, AMDX и Pyrolox. В России же его часто выпускают под названием дробленый пиролюзит.

Пиролюзит имеет низкий процент изнашивания так как является очень прочным материалом. Загрязнения хорошо закрепляются в загрузке гарантируя то, что они не попадут в исходную воду. Он имеет большую емкость по железу и марганцу и обеспечивает их низкие концентрации в обработанной воде.

Содержащие в воде больших концентраций загрязнений возможное использование пиролюзита совместно с аэрацией, хлорированием, озонированием и другими методами. Указанные окислители ускоряют реакцию катализа.

Высокая эффективность пиролюзита позволяет использовать его в качестве добавки к основной загрузке, например, песку в количестве 20-30 %. Что бы скорость прохождения воды через смесь удовлетворяла требованиям гранулометрический состав частиц песка и пиролюзита должен быть близок. Пиролюзит оказывается равномерно распределен по всему объему загрузки, которая вся работает, как каталитическая [12].

МЖФ фильтрующая среда – это эффективный и недорогой способ удаления растворенного железа и марганца из исходных сред воды. МЖФ обладает каталитическими свойствами, ускоряющий реакцию окисления железа в воде, так же этому способствует растворенный в воде кислород. Так как в грунтовых водах железо представлено двухвалентно, то есть в растворенном, оно не будет задерживаться механическими фильтрами. МЖФ фильтрующая

среда, выступая в роле катализатора, тем самым способствует окислению двухвалентного железа до коллоидного состояния. В следствии чего образуются нерастворимые частички ржавчины, которые с лёгкостью задерживаются фильтрующей загрузкой. Эффективность данной фильтрующей загрузки зависит от её физических характеристик.

Для регенерации фильтрующего материала, используют метод обратной промывки, что делает этот материал достаточно экономичным. Для регенерации загрузки не используют ни каких химических реагентов, достаточно лишь пропустить обычную воду. Перед использованием данного материала, необходимо взять пробы из источника воды, так как она должна соответствовать необходимым требованиям, для эффективной работы[19].

Марганцевый зеленый песок (Manganese Greensand) – это загрузка состоит из природного материала на основе глауконита, содержащие на своей поверхности оксид марганца (II, III), который способен очищать воду от таких загрязнителей как железо и сероводород. Процесс очистки проходит путем окисления растворенного в воде железа и марганца и последующим осаждением на самом материале. Марганцевый зеленый песок нуждается в периодической регенерации, так как на его гранулах оседают частицы железа и марганца, для их удаления необходимо провести обратную промывку

Экоферокс – сорбент нового поколения с автокаталитическими свойствами. Его основой является природный минерал месторождений Свердловской области – опал – кристобалитовой породы, с содержащий в основном природный цеолит (85 - 95 %). Данный материал способен очистить воду от различных загрязнений, и может использоваться на любых типах вод, в том числе и соединений железа на концентрациях до 50 мг/дм³. По своим свойствам Экоферокс достаточно близок к Российскому аналогу АС.

Экоферокс не реагирует с распространёнными окислителями, как гипохлорит натрия, марганцевый раствор, коагулянты, озон и др.. Экоферокс эффективно показывает свою работоспособность, как в напорных, так и в безнапорных системах, в качестве основного или многослойного элемента слоя загрузки. Наиболее эффективен в смеси с каталитически обработанными загрузками фракцией крупнее 1мм, такими как, МЖФ, МФО-47 и др. Экоферокс так же действует как катализатор, окисляя двухвалентное железо до трехвалентного состояния после чего, образованные частицы осаждаются на самой загрузке, регенерируется данная загрузка обратным потоком воды.

ПинкФерокс химически и механически устойчив, а также обладает адсорбционными и автокаталитическими свойствами. В состав сорбента входит оксид марганца, позволяя производить окисление и кристаллизацию ионов железа и марганца. Данный материал обладает пористой структурой, которая приводит к фиксации центров кристаллизации даже во время регенерации материала.

В качестве основы в фильтрующем материале Пинкферокс применяется «розовый песок» - разновидность горелых пород. Химический состав которого в общем представлен оксидами алюмосиликатов (SiO_2 – 68,7 %, Al_2O_3 – 21,5 %) и с вкраплениями оксидов железа и марганца (Fe_2O_3 -4,7 %, Mn – 2,1 %), так же там присутствуют и другие химические элементы, которые способствуют его прочности и устойчивости к воздействию химических реагентов, которые используются для окисления ионов в водной среде.

Особенная структура и качества Пинкферрокса позволяют применить его объединено с аналогичными средами в многоуровневых фильтрах или производить замену среды без изменения состава оборудования[20].

3.3 Сорбционно-каталитические

Существуют модифицированные, фильтрующие, сорбционно - каталитические материалы, разработанные в Институте горного дела Сибирского отделения Российской академии наук (СО РАН) - брусит и марганцевые руды.

Так, брусит $Mg(OH)_2$ – природный кристаллизованный оксигидрат магния, включает в себе до 69 % MgO с разным количеством примесей карбонатных минералов. Физические свойства брусита близки к кварцевому песку. Его усовершенствование ведется с помощью термической обработки нагреванием в муфельной печи при температуре от 400 до 600 °С. Так он изменяется от гидроксильной минеральной конфигурации к оксидной. Эти изменения дают к увеличению сорбционных качеств брусита по железу в 2–5 раз, а по ионам марганца — в 11–20 раз и превышают в 3–6 раз некоторые цеолиты в статической сорбции, и в 20 раз – в динамическом режиме в качестве гранулированной загрузки для фильтрации. Регенерация материала проводится обратной водной промывкой. В ходе продолжительного использования фильтра, с бруситом, было выявлено, что осуществляется цементация материала при очистке вод карбонатного вида, за счет появления карбонатов магния на внешней части элементов брусита, ликвидируемая, обработкой сорбционного материала раствором соляной кислоты, а затем ополаскиванием водой. Марганцевые руды –природный минерал, часто встречающийся на территории Евразии. Университетом горного дела сибирское отделение российской академии наук изучены руды Кемеровской области. Родохрозит, $MnCO_3$, относят к виду карбонатов, групп кальцита, обладающий сорбционно-каталитическими свойствами по извлечению в процессе окисления Mn^{2+} до оксида MnO_2 . Допустимая температура усовершенствования от 500 до 700 °С.

Модифицированный $MnCO_3$ является адсорбентом и ускорителем процесса окисления ионов железа и марганца кислородом, находящимся в воде, а также фильтровальным материалом для разделения образующихся оксидов в малорастворимой форме. Обновление и регенерация адсорбента проводится путем обратной промывки.

В НГАСУ исследован новый фильтровальный материал – активированный розовый песок (АРП), на сегодняшний день производимый организацией «Инфраспак-Лаб» (г. Новосибирск). АРП представляется как модифицированная горелая порода (розовый песок. Модификацией АРП является нанесением на его внешнюю часть оксидов MnO_2 и железа Fe_2O_3 с применением технологического процесса пропитки их растворами солей и поэтапной термической отделки, в результате на его поверхности создается крепко укрепленная, стойкая к деформациям и разрушению при циклических возвратных промывках и регенерации оксидной пленки. В итоге адсорбент становится каталитически активным в вопросах окисления железа и марганца, находящихся в воде. Сорбционная емкость данного материала при объединенной очистке грунтовой воды от марганца и железа оказывается около 1,3 г на 1 $дм^3$ фильтрационной загрузки по железу и 0,3 г/ $дм^3$ – по марганцу. Возобновление сорбционно-каталитических свойств материала, приобретаемого предложенным способом, в процессе использования осуществляется методом начальной водяной промывки и следующей за ней регенерацией путем промывки раствором перманганата калия ($KMnO_4$) [21].

4 РАЗРАБОТКА НОВОГО ВИДА СОРБЕНТА

4.1 Технология получения

Одним из перспективных методов безреагентной очистки является применение сорбентов, позволяющих с высокой эффективностью проводить обезжелезивание и деманганацию воды.

Целью работы является исследование ряда физико-химических свойств полученного сорбционного материала, на основе минерала магнетита модифицированного нановолокнами оксигидроксида алюминия.

В данной работе объектом исследования являлся модифицированный наноструктурный сорбент на основе минерала магнетит с иммобилизованными на его поверхности нановолокнами оксигидроксида алюминия. Исследовались образцы данного сорбента с различным гранулометрическим составом: менее 0,1 мм; 1 – 2 мм; 2,5 – 4 мм.

4.2 Методы исследования

Исследования величины удельной поверхности и удельного объёма пор проводили при использовании метода тепловой десорбции азота (БЭТ), на приборе «Сорбтометр М».

С целью оценки морфологии модифицированной поверхности у исследуемых образцов сорбентов применяли метод просвечивающей электронной микроскопии. Для проведения исследований использовали просвечивающий электронный микроскоп JEM-2100F (JEOL, Япония).

Определение сорбционной активности у исследуемого сорбента в отношении ионов Mn^{2+} и Fe^{2+} проводилось в условиях статики при перемешивании на магнитной мешалке (скорость вращения до 200 оборотов в

минуту). На 1 грамм сорбента брали 100 см³ модельного раствора и проводили процесс перемешивания при различном времени контакта: 0,5; 1; 5; 15; 30; 60 и 150 минут. Модельные растворы готовились на дистиллированной воде. Модельный раствор, содержащий ионы Fe²⁺ готовился с применением железа (II) сернокислого 7-водного (ХЧ) и имел концентрацию мг/дм³. Раствор, содержащий ионы Mn²⁺ готовился с применением марганца (II) сернокислого 5-водного (ЧДА) и концентрация составляла мг/дм³. Метод анализа – фотоколориметрия. После процесса сорбции раствор отделялся от сорбента центрифугированием.

4.3 Свойства полученного сорбента

В таблице 1 приведены значения величины удельной поверхности и удельного объёма пор у исследуемых образцов наноструктурного сорбента с различным гранулометрическим составом.

Таблица 1 – морфологические характеристики образцов

Образец	Размер фракции, мм	Удельная поверхность, м ² /г	Удельный объём пор, см ³ /г
Наноструктурный сорбент	Менее 0,1	36,7	0,007
	1–2	21,4	0,004
	2,5–4	15,2	0,003

Из таблицы видно, что с уменьшением фракционного состава образца наблюдается увеличение удельной поверхности и удельного объёма пор.

На рисунке 1 представлен образец исследуемого модифицированного сорбента (фракция менее 0,1 мм), при увеличении в 10 тысяч раз.

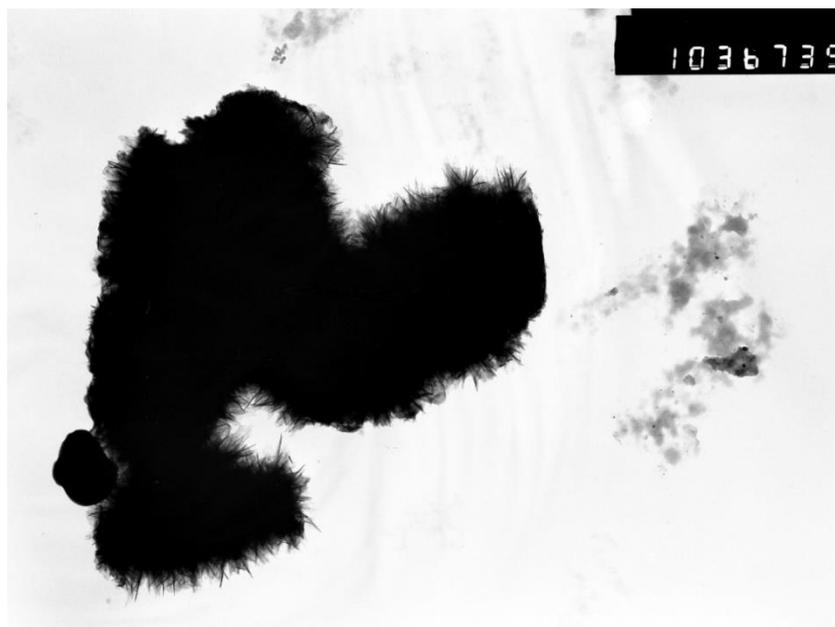


Рисунок 1. Электронная микрофотография наноструктурного адсорбента

На рисунке при увеличении в 10 тысяч раз наблюдается носитель с иммобилизованными на его поверхности нановолокнами (в виде иголок) оксигидроксида алюминия (длина 50–200 нм; ширина 2 нм).

На рисунке 2 представлены сорбционные свойства исследуемого материала при извлечении из модельного раствора ионов Fe^{2+} .

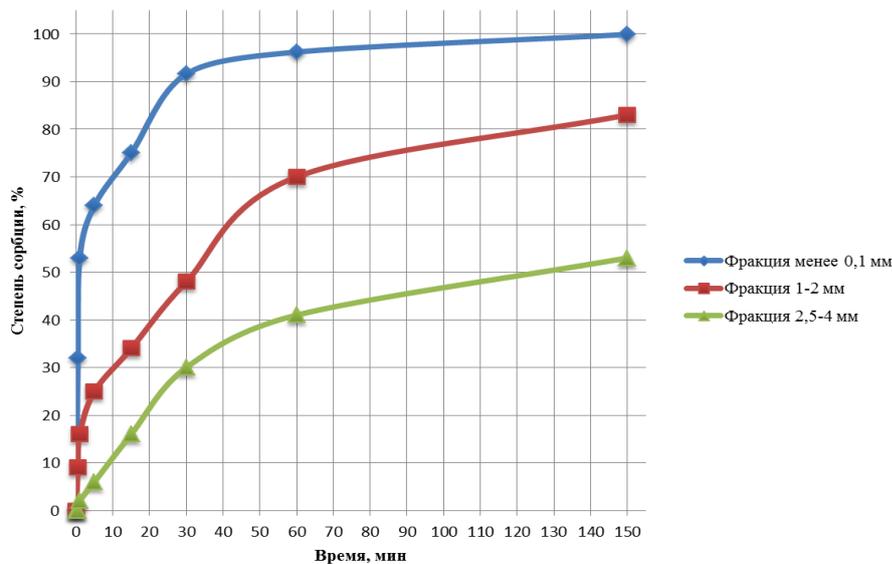


Рисунок 2 – Извлечение ионов Fe²⁺ из модельного раствора с помощью наноструктурного адсорбента различного фракционного состава

На рисунке 3 показаны характеристики исследуемого наноструктурного адсорбента при извлечении из модельного раствора ионов Mn²⁺.

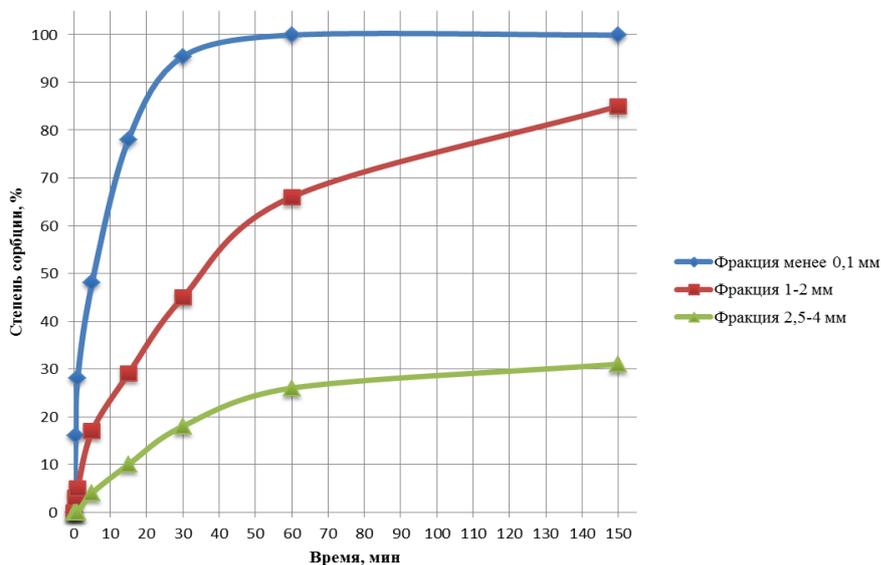


Рисунок 3 – Извлечение ионов Mn²⁺ из модельного раствора с помощью наноструктурного адсорбента различного фракционного состава

Из рисунка видно, что при увеличении фракционного состава образца наноструктурного сорбента осуществляется снижение степени извлечения ионов Mn^{2+} из модельного раствора. Образец материала с размером частиц 2,5–4 мкм показал неудовлетворительные сорбционные характеристики.

На основании проведённой работы можно сделать вывод о возможности эффективного использования исследуемого сорбента с фракционным составом менее 0,1 мкм и 1–2 мкм, при извлечении из воды ионов Mn^{2+} .

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В выпускной квалификационной работе была проведена разработка наноструктурного сорбционного материала, в качестве основы для сорбента был выбран природный минерал магнетит, с иммобилизованным на его поверхность наночастицы оксигидроксида алюминия.

В данной работе объектом исследования являлся модифицированный наноструктурный сорбент на основе минерала магнетита с иммобилизованными на его поверхности нановолокнами оксигидроксида алюминия. Исследовались образцы данного сорбента с различным гранулометрическим составом: менее 0,1 мм; 1 – 2 мм; 2,5 – 4 мм.

Определение сорбционной активности у исследуемого сорбента в отношении ионов Mn^{2+} и Fe^{2+} проводилось в условиях статики при перемешивании на магнитной мешалке.

Вода с повышенным содержанием железа, марганца и меди неприятна на вкус, имеет бурый цвет, окрашивает ткани при стирке, образует конкреции в трубах, затрудняющие ток воды и повреждающие водопроводную арматуру.

На данный момент существует достаточно много различных загрузок для очистки водных сред от загрязнений. Для анализа потенциальных потребителей полученного продукта, был рассмотрен целевой рынок и проведено его сегментирование. Сегментирование рынка по разработке загрузок для водоочистных установок проведено по следующим критериям: стадии очистки, потребители (таблица 2).

Таблица 2 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке загрузок для водоочистных установок

		Стадия очистки		
		Грубая очистка	Тонкая очистка	Очистка от ионов Fe и Mn
Потребитель	Квартира			
	Частный дом			
	Производство			

Кварцевый песок –

Уголь активированный –

Магнетит с наночастицами AlOOH –

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{ме} _м	Б _{ос} _{мос}	Б _{сорб} _{ция}	К _{мем}	К _{осмо} _с	К _{сорб} _{ция}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Актуальность разработки	0,25	5	1	3	1,25	0,25	0,75
2. Спрос на технологию	0,13	1	2	1	0,13	0,26	0,13
1	2	3	4	5	6	7	8
3.Потребность в оборудовании	0,06	5	4	5	0,3	0,24	0,3
4.Эффективность разработки	0,25	5	4	4	1,25	1	1
5.Надежность	0,15	5	2	4	0,75	0,3	0,6
6. Безопасность	0,02	5	5	5	0,1	0,1	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность разработки	0,02	1	1	1	0,02	0,02	0,02
2.Затраты на создание сорбционного материала	0,03	5	3	5	0,15	0,9	0,15
3.Цена разработки	0,04	1	1	5	0,04	0,04	0,2
4.Перспективность	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
5.Срок эксплуатации продукта	0,02	5	5	5	0,1	0,1	0,1
6.Финансирование на реализацию технической разработки	0,02	2	1	1	0,04	0,02	0,02
Итого	1				4,18	3,28	3,42

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Вывод

Из результатов анализа конкурентных технических решений, следует, что конкурентоспособной разработкой на рынке являются мембранные методы очистки водных сред. Их перспектива и спрос на них заключается в дешевизне, простоте обслуживании и установке. Эффективность разработки хорошая, но сорбционный метод более эффективен. Так как при правильном подборе материалов и их модификации эффективность очистки приближается к 100%.

5.1.3 Технология QuaD

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальны балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Степень очистки от механических загрязнений	0.01	50	100	0.5	0.15
2. Удельный объем пор	0.1	80	100	0.8	0.08
3. Удельная поверхность	0.2	95	100	0.95	0.19
4. Сорбционная емкость	0.09	70	100	0.6	0.054
5. Ресурс	0.1	80	100	0.8	0.06
6. Эффективность	0.1	99	100	0.99	0.18
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Конкурентоспособность продукта	0.1	90	100	0.9	0.09
2. Перспективность рынка рынок	0.05	90	100	0.9	0.045
3. Цена	0.2	90	100	0.9	0.08
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0.05	40	100	0.4	0.02
Итого	1				0.949

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i B_i, \quad (4)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Вывод: Значение P_{cp} составляет 85.2 % что говорит о том что перспективность данной разработки на уровне выше среднего.

5.1.4 SWOT-анализ

Результаты первого этапа SWOT-анализа представляем в табличной форме (табл. 5).

Таблица 5 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Повышение безопасности технологического процесса.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Снижение вреда для окружающей среды.</p> <p>С5. Актуальность проекта.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Высокие цены на оборудование.</p> <p>Сл2. Нехватка точных сведений.</p> <p>Сл3. Нет финансирования для реализации проекта.</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p> <p>Сл5. Отсутствие опыта в проектировании.</p>
--	---	--

Продолжение таблицы 5

<p>Возможности: В1.Широкая область применения. В2.Финансирование и реализация проекта. В3.Появление дополни-тельного спроса на новый продукт. В4. Поддержание проекта со стороны органов исполнительной власти Томской области.</p>		
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Развитая конкуренция технологий производства. У3. Изменение требований в нормативно-технической документации для качества водных сред. У4.Большие затраты для реализации данной разработки.</p>		

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	0	+	+	0	0
	B3	+	+	+	+	0
	B4	+	+	0	+	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и возможности: B1B2C2C3, B3C1C2C3C4, B4C1C2C4.

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	0	0	-	0	-
	B2	-	-	-	0	-
	B3	0	-	+	-	0
	B4	-	-	0	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B3Сл3, B4Сл4Сл5.

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	-	-	0
	У2	0	0	-	+	0
	У3	+	-	0	+	+
	У4	0	0	-	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угрозы: У2У3С4.

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	0	+	+	+	0
	У2	0	-	0	-	0
	У3	-	+	-	0	-
	У4	0	-	+	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угрозы: У1У3Сл2, У4Сл3Сл5.

5.2 Планирование научно-исследовательской работы

5.2.1 Структура работ научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому

виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 10.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение задания на выполнение ВКР	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Изучение литературных материалов в области водоочистки	Студент
	3	Проведение анализа современных технологий в области водоочистки	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	
Теоретические исследования	6	Изучение литературных источников по заданной тематике	Студент
	7	Подбор материалов, использованных в разработке сорбента	
	8	Анализ использования подобных материалов в других работах	
Практические исследования	9	Проведение лабораторных исследований водных сред	Научный руководитель, студент
	10	Подготовка материалов(измельчение химический анализ, модификация)	
	11	Проведение сорбционных процессов в различных режимах	Студент
	12	Оценка эффективности полученных сорбентов по извлечению тяжелых металлов	Студент
Оценка полученных результатов	13	Анализ и обработка полученных результатов.	Студент

5.2.2 Определение трудоемкости работ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (5)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (6)$$

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

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

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

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (7)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (8)$$

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

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (табл. А.1).

По результатам составления временных показателей третье исполнение наиболее удобно как для студента, так и для руководителя. Работа по выполнению ВКР не всегда соответствует запланированным действиям ввиду быстроты выполнения одних действий (теоретический обзор) и задержки других (проведение лабораторных исследований) по технически неполадкам.

5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

5.2.5 Расчет материальных затрат НИИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;

- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются

соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{рас\ xi} \quad (9)$$

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

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

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

В таблице 11 представлены необходимые материальные затраты.

Таблица 11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы (Z _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	Лист	250	200	300	1,5	2	2,5	31,3	60	862,5
Магнетит	Грамм	400	500	800	2	1.5	1	800	750	800
Бумажные фильтры	Штук	100	100	100	0.3	0.4	0.6	30	40	60
Порошок алюминиевый	Грамм	100	150	200	3	2	1.5	300	300	300
Жидки азот	Л	1	1	1	250	245	248	250	245	248
Итого:								1411.3	1395	2270.5

Вывод: По данным представления материальных затрат на научно-техническое исследование вариант исполнения номер 1 наиболее приемлем и составил 1411.3 рублей.

5.2.6 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки:

$$C_{осн/зн} = \sum t_i \cdot C_{зн_i}, \quad (10)$$

где t_i - затраты труда, необходимые для выполнения i -го вида работ, в рабочих днях, $C_{зн_i}$ - среднедневная заработная плата работника, выполняющего i -ый вид работ, (руб./день). Среднедневная заработная плата определяется по формуле 9:

$$C_{зн_i} = \frac{D + D \cdot K}{F}, \quad (11)$$

где D - месячный оклад работника (в соответствии с квалификационным уровнем профессиональной квалификационной группы), K - районный коэффициент (для Томска – 30%), F – количество рабочих дней в месяце (в среднем 22 дня).

Таблица 12 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, раб.дн.			Основная заработная плата, руб.		
			Исп. 1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	23264,86	1376,81	7,2	9	13	9907	12391.29	17896.53
Студент	6976,22	412,23	27	29.5	45.5	11130.21	12160.78	18756.46
ИТОГО						21037.21	24552.07	36652.99

Для руководителя:

$$C_{зн_i} = \frac{D + D \cdot K}{F} = (23300 + 23000 \cdot 0,3) / 22 = 1374,74 \text{ руб./дн.} \quad (12)$$

Для студента:

$$C_{\text{зи}} = \frac{D + D \cdot K}{F} = (6976,22 + 6976,22 \cdot 0,3) / 22 = 412,23 \text{руб./дн.} \quad (13)$$

5.2.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл.15).

Таблица 13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	9907	12391.29	17896.53	1486.05	1858.69	2684.4
Студент-дипломник	11130.21	12160.78	18756.46	1669.53	1824.11	2813.46
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%					
Итого						
Исполнение 1	6556.24					
Исполнение 2	7651.64					
Исполнение 3	11422.88					

5.2.8 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

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

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 50-60%.

Таблица 14 – Накладные расходы

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Материальные затраты	1411.3	1395	2270.5
Основная заработная плата	21037.21	24552.07	36652.99
Дополнительная з.п.	3155.58	3682.8	5497.86
Отчисления во внебюджетные фонды	6556.24	7651.64	11422.88
Коэффициент, учитывающий накладные расходы	50 %		
$Z_{\text{накл}}$	16080	18642.255	27922.115

5.2.9 Формирование бюджета на затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 15.

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	1411.3	1395	2270.5
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	21037.21	24552.07	36652.99
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	3155.58	3682.8	5497.86

Продолжение таблицы 15

4. Отчисления во внебюджетные фонды	6556.24	7651.64	11422.88
5. Накладные расходы	16080	18642.255	27922.115
6. Бюджет затрат НТИ	46829	55923.765	81495.845

Вывод: минимальные затраты у 1 исполнения = 46829

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

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

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

Исп.1:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} = 46829/81495.845 = 0.57 \quad (17)$$

Исп.2:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} = 55923.765/81495.845 = 0.68 \quad (18)$$

Исп.3:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} = 81495.845/81495.845 = 1 \quad (19)$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки всех трех исполнений отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

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

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (20)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 16).

Таблица 16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.Актуальность разработки	0,25	5	2	3
2. Спрос на технологию	0,15	5	2	4
3.Потребность в оборудовании	0,02	5	4	5
4.Эффективность разработки	0,25	5	4	5
5.Надежность	0,13	1	1	1
6. Безопасность	0,06	4	4	5
7.Конкурентноспособность разработки	0,02	1	1	1
8.Затраты на создание сорбционного материала	0,03	5	4	5
9.Цена разработки	0,04	1	1	5
10.Перспективность	0,01	5	5	5
11.Срок эксплуатации продукта	0,02	5	5	5
12.Финансирование на реализацию технической разработки	0,02	1	1	1
ИТОГО	1	4,1	2,6	3,67

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

$$I_{исп} = \frac{I_{р-исп}}{I_{финр}^{исп}} \quad (21)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность

проекта (см.табл.17) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} \quad (22)$$

Таблица 17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,7	0,8	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,1	2,6	3,67
3	Интегральный показатель эффективности	5,86	3,25	3,67
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,55	0,6

Заключение

В данном разделе ВКР была произведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения и показал, что перспективность данной разработки на уровне выше среднего т. к средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки составил 76.2%. Также из результатов анализа конкурентных технических решений, следует, что данная разработка, а именно «разработка новых видов сорбционных материалов для очистки водных сред от ионов тяжелых металлов» является актуальной на сегодняшний день и на рынке может зарекомендовать себя как продукт, на который будет спрос в связи с его дешевизной, эффективностью и простотой применения. Так же было составлено планирование выполнения ВКР, что включало в себя структуру работ, определение трудоемкости выполнения. Был рассчитан бюджет научно-технического исследования, включающий материальные затраты, заработанную плату. По результатам расчетов минимальные затраты составили 49569.53руб. В работе определены

ресурсная финансовая, бюджетная, социальная и экономическая эффективность исследования. Сравнение значений интегральных показателей эффективности показывает, что более эффективным и результативным вариантом решения поставленной в бакалаврской работе на тему «Разработка новых видов сорбционных материалов на минеральной основе для извлечения тяжелых металлов из водных сред» технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является 1 исполнение.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В разделе рассматривается рабочее место лаборанта, работающего в лаборатории № 12 ИФВТ НИ ТПУ, так же рассматриваются опасные и вредные факторы при выполнении работ по созданию и исследованию сорбционного материала, на основе минерала магнетита модифицированного нановолокнами оксигидроксида алюминия, которые могут воздействовать на работника, окружающую среду и рассмотрения чрезвычайных ситуаций.

Сущность проекта ВКР заключалась в исследовании ряда физико-химических свойств полученного сорбционного материала, на основе минерала магнетита модифицированного нановолокнами оксигидроксида алюминия. Так же необходимо было определить степень извлечения ионов Mn^{2+} и Fe^{2+} из модельных растворов с использованием полученного сорбента.

В данной работе объектом исследования являлся модифицированный наноструктурный сорбент на основе минерала магнетита с иммобилизованными на его поверхности нановолокнами оксигидроксида алюминия. Исследовались образцы данного сорбента с различным гранулометрическим составом: менее 0,1 мм; 1–2 мм; 2,5–4 мм.

Полученный материал предназначен для очистки водных сред от ионов Mn^{2+} и Fe^{2+} , как в бытовых условиях там и в промышленном масштабе, из чего следует что возможными пользователями могут быть, как обычные граждане, так и работники, которые занимаются непосредственным обслуживанием водоочистных сооружений.

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

Магнетит - один из наиболее распространённых оксидных минералов, он встречается в самых разнообразных геологических образованиях. Минерал магнетит бывает магматический (в риолитах, гранитах, трахитах, сиенитах, андезитах, диоритах, габбро, базальтах, пироксенитах, перидотитах, оливинитах, в пегматитах), гидротермальный и метаморфический – в скарнах; в метасоматитах – (пироксено-амфиболо-магнетитовые, апатито-флогопито-магнетитовые, магнетит-флогопит-кальцитовые, магнетито-кальцитовые горные породы); в тальково-хлоритовых, тальково-магнетитовых сланцах и серпентинитах; в регионально-метаморфических горных породах, в россыпях, редко осадочный. Магнетит – главная составная часть оксидных железных руд — железистых кварцитов, магнетитовых скарновых и карбонатитовых руд, а также магнетитовых "чёрных морских песков". Основные диагностические признаки Минерал магнетит обладает сильными магнитными свойствами, притягивается магнитом. Поведение в кислотах: трудно растворяется в HCl.

Вредный фактор, который может создать объект исследования, это попадание пыли в дыхательные пути при его измельчении до определенных фракций и привести к раздражению слизистых дыхательных путей и затруднению дыхания.

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

Для проведения исследований, необходимо измельчить минерал в ступке, затем для получения необходимой фракции необходимо просеять измельченный минерал, ситами с различными размерами ячеек. После чего расфасовать полученный материал по фракциям, тем самым подготовить его для дальнейшего исследования.

Далее необходимо исследовать текстурные характеристики материала (удельный объём пор и удельную поверхность материала) с помощью лабораторного анализатора удельной поверхности «Сорбтометр-М».

Для нанесения на основу наночастиц, необходим определенный вес определенной фракции, которую предварительно взвешиваем на лабораторных электронных весах. После чего с помощью «Золь-гель» процесса происходит осаждения наночастиц на основу. Активацию процесса нейтрализации проводили с помощью механического перемешивания. Для поддержания необходимой кислотности использовали раствор аммиака. После получения готового сорбента необходимо произвести его сушку.

Определение сорбционной активности у исследуемого сорбента в отношении ионов Mn^{2+} и Fe^{2+} проводилось в статических условиях при перемешивании на магнитной мешалке (скорость вращения до 200 оборотов в минуту). На 1 г сорбента брали 100 см³ модельного раствора и проводили процесс перемешивания при различном времени контакта: 0,5; 1; 5; 15; 30; 60 и 150 минут. Модельные растворы готовились на дистиллированной воде. Модельный раствор, содержащий ионы Fe^{2+} , готовился с использованием железа (II) сернокислого 7-водного (ХЧ) и имел концентрацию 10,68 мг/дм³. Раствор, содержащий ионы Mn^{2+} , готовился с использованием марганца (II)

серноокислого 5-водного (ЧДА) и концентрация составляла 5,31 мг/дм³. Метод анализа – фотоколориметрия. После процесса сорбции раствор отделялся от сорбента центрифугированием.

Особую опасность представляют собой пары аммиака при вдыхании. При остром отравлении аммиак поражает глаза и дыхательные пути, при высоких концентрациях возможен смертельный исход. Вызывает сильный кашель, удушье, при высокой концентрации паров — возбуждение, бред. При контакте с кожей — жгучая боль, отек, ожег с пузырями. При хронических отравлениях наблюдаются расстройство пищеварения, катар верхних дыхательных путей, ослабление слуха.

Смесь аммиака с воздухом взрывоопасна. Аммиак горит при наличии постоянного источника огня. Емкости могут взрываться при нагревании.

Опасность так же представляет измельченный магнетит, так как пылевидные частицы природного магнетита могут привести к раздражению слизистых дыхательных путей и затруднению дыхания.

Метеоусловия

Работа лаборанта относится к категории работ Iб (работы с интенсивностью энергозатрат 121–150 ккал/ч (140–174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением). Оптимальные и допустимые показатели микроклимата, соответствующие данной категории работ и указанные в СанПиН 2.2.4.548-96, можно выделить в таблицы 20 и 21.

Таблица 18 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория тяжести работ, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый		22-24	21-25	60-40	0,1

Таблица 19 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория тяжести работ, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С
		Ниже оптимальных величин	Выше оптимальных величин	
Холодный	Iб (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0
Теплый		20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0

Продолжение таблицы 19

Период года	Категория тяжести работ, Вт	Скорость движения воздуха, м/с		Относительная влажность воздуха, %
		Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более	

Продолжение таблицы 19

Холодный	Iб (140-174)	0,1	0,2	15-75
Теплый		0,1	0,3	15-75

Средняя температура в зимний период составляет приблизительно 19,1 °С, следовательно, температура в помещении соответствует допустимым нормам температуры воздуха ниже оптимальных величин. В летний период температура в лаборатории составляла 21,3 °С, что также соответствует диапазону допустимых температур ниже оптимальных. Данных по относительной влажности воздуха нет.

Движение воздуха – это важный фактор, способствующий созданию наиболее благоприятных условий для жизнедеятельности человека. Вентиляция зданий имеет большое значение в оздоровлении условий труда. Она предназначена для удаления вредных выделений из рабочих помещений и подачи в них свежего воздуха. Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [25], оптимальное значение скорости движения воздуха для категории работ Iб равно 0,1 м/с. На рассматриваемом рабочем месте подвижность воздуха менее 0,1 м/с, т.к. система вентилирования отсутствует, воздух перемещается от сквозняка. Движущийся воздух способствует усилению теплоотдачи организма путем конвекции и излучения, а также созданию условий для испарения влаги с поверхностей слизистых оболочек и кожного покрова.

Шум

Это совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты. С физиологической точки зрения шум – это всякий неблагоприятно воспринимаемый звук. Источниками шума на рассматриваемом рабочем месте являются: работающее оборудование (спектрофотометр, макет устройства с двигателем, проходящая рядом автомобильная дорога, идущие через

перегородку аудиторные занятия). В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 для учреждений, в которых занимаются научной деятельностью, допустимый уровень звукового давления составляет 50 дБА. Воздействие шума на организм человека вызывает негативные изменения в органах слуха, центральной нервной системе и сердечно-сосудистой системе. Также действие шума способствует потере внимания, торможению психических реакций, что в условиях производства может привести к опасности возникновения несчастных случаев.

Психофизиологические вредные факторы

Нервно-психические перегрузки проявляются в форме перенапряжения, умственного перенапряжения. Перенапряжение зрительного анализатора, вызываемое недостаточной освещенностью, необходимостью рассматривать мелкие предметы, вызывает перенапряжение аккомодирующих мышц радужной оболочки глаз. В результате может быть головная боль, боль в области глазниц, прогрессирующая близорукость. При многократном повторении простейших движений работающий испытывает скуку, сонливость, падение интереса к работе.

Освещение

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях. Освещенность рабочих помещений нормируется СНиП 23-05-95. Для лабораторий органической и неорганической химии коэффициент пульсации не более 10 %. Пульсации освещенности на рабочей поверхности утомляют зрение, а также может вызывать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта за счет появления стробоскопического эффекта.

Таблица 20 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения

Помещения	Коэффициент пульсации освещенности, K_p , %, не более	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Γ – горизонтальная, B – вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
			КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность, лк		
			при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении		при общем освещении
							всего	от общего	
Лаборатории орг. и неорг. химии	10	Γ -0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400
Аналитические лаборатории	10	Γ -0,8	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500
Лаборатории научно- технические	10	Γ -0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400

6.1.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Рабочее место располагается на первом этаже лаборатории №12 ИФВТ НИ ТПУ. Данная лаборатория оборудована персональными компьютерами в количестве 4 штук, различным лабораторным оборудованием. Стены окрашены матовой краской светло-бежевых тонов, потолки светлые. В кабинете 3 оконных проема. Продолжительность работ в лаборатории варьируется от 1 часа до 3.

Перед тем, как приступить к работе в химической лаборатории, необходимо пройти инструктажи. Прохождение инструктажа отмечается в лабораторном журнале по технике безопасности. Ответственность за это несет руководитель лаборатории. Все химические реактивы следует хранить только в соответствующей таре с подписанными этикетками. Запрещается хранить растворы щелочей и кислот в тонкостенной стеклянной посуде. Лаборатория должна быть оборудована вытяжным шкафом для хранения кислот, щелочей и проведения опытов с ЛВЖ и ГЖ.

В лаборатории имеется медицинская аптечка с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств.

Перед началом работы должна быть приведена в действие приточно-вытяжная вентиляция, необходимо одеть спецодежду.

Во время работы в лаборатории необходимо соблюдать чистоту, порядок и правила техники безопасности, так как беспорядочность, поспешность в работе могут приводить к несчастным случаям с тяжелыми последствиями.

Нельзя нагревать пробирку с растворами реагирующих веществ на сильном пламени, т.к. при этом жидкость выбрасывается из пробирки, что ведет к потере исследуемого вещества.

После окончания работы в лаборатории необходимо привести в порядок рабочее место, убрать все химреактивы в шкафы.

В учебно-научно-исследовательских лабораториях разрешается работать не более 8 часов, при этом каждые 45–50 минут работы необходимо делать перерыв не менее 15 минут и после 4 часов работы обеденный перерыв не менее 1 часа.

В химической лаборатории запрещается:

- Работать при неисправности вентиляции;
- Работать с огнеопасными и взрывчатыми веществами вблизи включенных горелок и электрических приборов;
- Расставлять без присмотра нестационарные нагревательные приборы, открытое пламя, работающие установки;
- Работать с неисправным оборудованием;
- Работать без спецодежды;
- Работать в лаборатории одному.

Каждый работник в лаборатории должен иметь защитные приспособления: очки или маску, резиновые перчатки, спецодежду (халат), а в некоторых случаях - прорезиненный фартук и противогаз (для аварийного использования). Все личные вещи должны находиться в специально отведенном месте.

При окончании работы необходимо выключить силовую электросеть, привести в порядок рабочее место, вымыть и убрать посуду, закрыть газовые и водяные краны, поставить на место реактивы.

6.2 Экологическая безопасность

6.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Материал разработанный в ходе выполнения работы, не наносит вреда окружающей среде ни на стадии эксплуатации, ни на стадии его разработки. Однако, после исчерпания ресурса данного сорбента, его необходимо утилизировать, как правило методом захоронения. Так как использованный

сорбент содержит в себе большое количество ионов Fe^{2+} и Mn^{2+} , они могут попасть окружающую среду. И нанести вред окружающей среде.

Для получения необходимого материала, используется золь-гель процесс. Что бы данный процесс проходил правильно необходимо поддержание кислотности раствора, в котором происходит иммобилизация наночастиц оксигидроксида алюминия на основу, представляющую собой природный материал магнетит. Нейтрализация кислотной среды и для ускорения процесса гелеобразования к смеси добавляют раствор аммиака.

При нагревании раствора, до температуры $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ вместе с парами воды выделяются пары аммиака, во избежание отравления лаборанта отравления парами аммиака, создание сорбента проводиться в вытяжном шкафу, откуда после чего аммиак через вытяжную трубу поступает в окружающую среду, тем самым загрязняя её.

6.2.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

В процессе исследования основным фактором, оказывающим влияние на окружающую среду является процесс измельчения и просеивания материалов. Пыль образующаяся при этих процессах выносится с приточно-вытяжной вентиляцией в окружающую среду. Вредное действие пыли не ограничивается влиянием на здоровье человека. Атмосфера способна в некоторой мере самоочищаться от промышленных загрязнений пылью в результате осаждения твердых частиц, вымывания их из воздуха осадками, растворения и поглощения вредных веществ растениями. В настоящее время процессы самоочищения уже не всегда способны справиться с возрастающим промышленным загрязнением. Загрязняющие атмосферу вещества накапливаются, и в некоторых районах их концентрация уже теперь является недопустимо высокой. Исследования

показали, что общая запыленность атмосферного воздуха за полвека значительно возросла. Запыленность атмосферы оказывает сложное влияние на климат. Пыль, выделяющаяся в производственных помещениях, приводит к быстрому износу оборудования. Так же в процессе выполнения ВКР на рабочем месте использовались различные химические вещества, вредные пары которых поступали в воздушную среду. Негативное воздействие на гидросферу заключается в сбросе загрязненных вод после промывки лабораторной посуды, водных растворов дихромата калия в общую канализацию. Во время работы образуются следующие виды твердых отходов, оказывающие неблагоприятное воздействие на литосферу: офисная бумага, различные канцелярские принадлежности, перчатки, разбитая стеклянная лабораторная посуда, фильтровальная бумага, ткани. Все отходы выбрасываются в общий мусорный контейнер.

6.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

При выполнении проектных работ или эксплуатации оборудования действующим природоохранным законодательством предусмотрены мероприятия по охране окружающей среды. При этом анализируются возможные источники вредных воздействий техногенной деятельности при разработке и реализации ВКР на различные природные среды окружающей среды.

Защита атмосферы

В качестве природоохранных мероприятий во избежание попадания вредных и токсичных паров в воздух рабочей зоны необходимо установить вытяжку с системой очистки (рукавный фильтр) и оборудовать систему вентиляции.

Защита гидросферы

Жидкие отходы необходимо сливать в специальные сливные ёмкости. Отработанные растворы, остатки кислот, сернистых соединений, соединений ртути и серебра, растворы, содержащие йод и т.д. сливают в специальные банки. Нельзя сливать указанные растворы в раковины, соединённые с общей системой канализации.

Защита литосферы

Для уменьшения нагрузки на полигоны целесообразно ввести отдельный сбор мусора. Бумагу и разбитую стеклянную посуду можно использовать вторично. Люминесцентные лампы содержат ртуть и поэтому должны утилизироваться на специальных полигонах токсичных отходов.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Магнетит с нанесенными наночастицами оксигидроксида являющийся объектом исследования, обладает электропроводными свойствами. Следовательно при попадании мелкодисперсной пыли магнетита в электроприборы, может вывести их из строя и привести к короткому замыканию, вследствие чего есть вероятность возникновения пожара в лаборатории.

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

При статической сорбции используется оборудование для приведения в движение магнитной мешалки. При высоких оборотах вода может расплескаться из сосуда и попасть внутрь устройства. Что так же может привести к возможному короткому замыканию, а вследствие к пожару. Часто при проведении исследований подключается к сети бидидистиллятор. Нужно следить за тем что бы тара менялась по мере ее заполнения. Если не уследить за этим процессом вода может выбежать и замкнуть электрооборудование лаборатории. Часто при проведении исследований одним человеком лаборатория закрывается, а лаборант уходит в другую для проведения центрифугирования, взвешивания или сушки химпосуды. При этом оставив включенными электроприборы или оставив продолжительную химреакцию на долгое время. При возвращении может возникнуть химический ожог или поражение электрическим током все эти факторы могут привести к чрезвычайной ситуации.

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

Своевременное и грамотное использование средств защиты является эффективной защитой человека в ЧС. Для защиты от поражающих факторов ЧС, используются средства коллективной и индивидуальной защиты. К поражающим факторам пожара относят открытый огонь, высокие температуры, дым, выделение вредных газов, взрывоопасных, сильнодействующих ядовитых

и отравляющих веществ, ударная волна, падающие части строительных конструкций.

Одной из основных причин гибели людей при пожаре является ни огонь и температура, а токсичные продукты горения. Поэтому противоподымная защита зданий, направленная на предотвращение или ограничение опасности задымления эвакуационных путей и зданий, отдельных помещений и удаление продуктов горения в определенном направлении, является первостепенной задачей противопожарной профилактики. В надлежащих местах должны быть вывешены планы эвакуации людей из здания. При возникновении аварийной ситуации работники лаборатории обязаны прекратить работу и сообщить о случившемся заведующему лаборатории или диспетчеру по ремонту. Далее выполнять его указания по устранению возникшей аварийной ситуации.

При возникновении пожара, воспламенении горючих веществ работник лаборатории должен:

- Без промедления сообщить об этом по телефону в пожарную охрану (при этом необходимо назвать место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию);
- Принять меры по вызову к месту пожара своего непосредственного руководителя или другого ответственного лица;
- Покинуть зону воздействия опасных факторов пожара, воздействующих на организм человека, за пределы помещения или здания, в которых возник пожар;
- Отключить электрооборудование (электропечи, сушильные шкафы, термостаты, фотоэлектрические установки и др.), электрические приборы, аппараты, стенды и электропитание в помещении, где возник пожар (загорание);
- Перекрыть газовый кран, погасить газовую горелку, спиртовку;

- Выключить приточно-вытяжную вентиляцию;
- Вынести из помещения сосуды с огне- и взрывоопасными веществами, используя при необходимости СИЗ органов дыхания типа СПИ-20 или ГЗДК;
- Приступить к ликвидации пожара, используя первичные средства пожаротушения. Для тушения пожара и воспламенения горючих веществ следует пользоваться:
 - При воспламенении ГЖ, смешивающихся с водой, - любыми огнетушителями, струей воды, песком, асбестовым или брезентовым покрывалом;
 - При воспламенении ГЖ, не смешивающихся с водой, - углекислотными или порошковыми огнетушителями, песком.

6.3 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

В целях обеспечения соблюдения требований охраны труда, осуществления контроля их выполнения в каждой организации, осуществляющей производственную деятельность, с численностью более 100 работников, создается служба охраны труда или вводится должность специалиста по охране труда, имеющего соответствующую подготовку или опыт работы в этой области.

В соответствии с трудовым законодательством организация обеспечения безопасности труда в подразделениях возложена на их руководителей. Они проводят инструктаж по охране труда на рабочих местах. Общую

ответственность за организацию работ по охране труда несет руководитель предприятия, а в его отсутствие — главный инженер.

Для обеспечения требований охраны труда, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний, комитет (комиссия) по охране труда организует совместные действия работодателя и работников по. Также организует проведение проверок условий и охраны труда на рабочих местах и информирование работников о результатах указанных проверок, сбор предложений к разделу коллективного договора (соглашения) об охране труда.

Руководствуясь трудовым законодательством, режим труда и отдыха предусматривают с учетом специфики труда всех работающих, в первую очередь обеспечивают оптимальные режимы работающих, с повышением физическими и нервно-эмоциональными нагрузками, в условиях монотонности и с воздействием опасных и вредных производственных факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения исследований были выполнены все поставленные задачи. Было установлено, что созданный наноструктурный сорбент на основе природного магнетита с нанесенными на его поверхность наночастиц оксигидроксида алюминия является экологически безопасным материалом и экономически выгодным для использования его в качестве загрузки в водоочистных установках.

После получения сорбенты с помощью анализатора удельной поверхности дисперсных и пористых материалов СОРБОМЕТР-М (многоточечный метод БЭТ и STSA) были исследованы его морфологические характеристики (удельная поверхность, удельный объем пор),

Полученный материал испытывался в лабораторных условиях, на модельных растворах. Модельные растворы готовились на дистиллированной воде. Модельный раствор, содержащий ионы Fe^{2+} имел концентрацию 10,68 мг/дм³. Раствор, содержащий ионы Mn^{2+} имел концентрацию 5,31 мг/дм³.

Сорбционная активность у исследуемого сорбента в отношении ионов Mn^{2+} и Fe^{2+} проводилось в статических условиях при перемешивании на магнитной мешалке. На 1 г сорбента брали 100 см³ модельного раствора и проводили процесс перемешивания при различном времени контакта: 0,5; 1; 5; 15; 30; 60 и 150 минут.

В результате исследований было установлено что, степень извлечения ионов Mn^{2+} и Fe^{2+} из модельного раствора с помощью наноструктурного адсорбента размером фракции менее 0,1 мм составил до 99 %. Тем самым доказывая эффективность полученного наноструктурного адсорбента.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Винокуров А.Р., Немцова О.А., Мартемьянов Д.В., Мухортов Д.Н., Дозморов П.С. Очистка подземных вод с помощью фильтровального комплекса // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность (Томск, 2 – 4 декабря 2014 г.) / Томский политехнический университет. – Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – С. 188–192.

2. Винокуров А.Р., Журавков А.С., Мартемьянов Д.В. Извлечение железа из водных растворов с использованием речного песка // XIX Международный научный симпозиум имени академика М. А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 6 – 11 апреля 2015 г.) / Томский политехнический университет. – Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С. 252 – 254.

3. Винокуров А.Р., Мартемьянов Д.В., Слядников П.Е. Извлечение ионов Mn^{2+} , Fe^{2+} из водных сред с использованием наноструктурного модифицированного сорбента // VI Всероссийская научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность» (Томск, 23-27 мая, 2016 г.) / Томский политехнический университет. – Изд-во Томского политехнического университета, 2016.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алиев З.М. Очистка природных вод от соединений мышьяка/ Алиев З.М., Муташев Р.К., Шапиев Б.И., Исаханова А.Т. // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки / Дагестанский государственный педагогический университет. – 2008. – № 4. – с. 1-5.
2. Вейсгейм А.С. Удаление железа из скважинной воды на фильтре с загрузкой из бадинского цеолита / А.С. Вейсгейм, О.Б. Назаренко, Р.Ф. Зарубина // Вестник науки Сибири / изд-во Томского политехнического университета. – 2012. – №4 (5). – с. 23-29.
3. Кулаков В.В. Обезжелезивание и деманганация подземных вод: учеб. пособие / В.В. Кулаков Е.В., Сошников, Г. П. Чайковский // Хабаровск: ДВГУПС. – 1998. – с. 4-5.
4. Телитченко М.М., Остроумов С.А. Введение в проблемы биохимической экологии: Биотехнология, сельское хозяйство, охрана среды. – М.: Наука, 1990. – 285 с.
5. Королев А. А., Комяженкова Л. А. «Гигиенические рекомендации по условиям использования промывных вод фильтровальных водопроводных сооружений в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения». // Экспресс-информация. Вып.7. М.,1990.
6. Водоподготовка / Под ред. Б. Н. Фрог, А. П. Левченко. - М.: МГУ, 1996. – 680 с.
7. Мартынова О. И. Водоподготовка. Процессы и аппараты. // Учебное пособие для вузов. – М.: Атомиздат, 1977.

8. Бутаев А. М., Гуруев М. А., Магомедбеков У. Г., Осипова Н. Ф., Магомедрасулова Х. М., Магомедова А. Д., Мухучев А. А. Тяжёлые металлы в речных водах Дагестана // Вестник ДНЦ РАН. 2006. - № 26. – с. 43-50.
9. Фекленко А. Ю. Тяжёлые металлы и их опасность // Экологический Вестник России. 2010. - № 5. - С. 26.
10. Пименова, Е.В. Химические методы анализа в мониторинге водных объектов [Текст]: / Е.В. Пименова; М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 138 с.
11. Лаврухина А.К., Юкина Л.В. Аналитическая химия марганца // Москва изд-во «Наука». 1974. – с. 214.
12. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования // М.: ДеЛи принт, 2004. – 328 с.
13. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
14. Фильтрующие материалы: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://voda.kr-company.ru/oborudovanie/obezzhelezivately_vody/obezzhelezivatel_fbi_7716_t10/, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения 29.04.2016).
15. Фильтры для очистки воды. Новейшая технология очистки воды: [электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://1mas.ru/?path=sorbents>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения 29.04.2016).
16. Цеолитовые фильтры для удаления железа, марганца, аммония: [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://www.aquaventure.ru/page_11_ceolitovye.html, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения 29.04.2016).

17. Фильтрующие материалы: [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://www.agriko-akva.ru/info/advices/?adid=34>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения 29.04.2016).

18. Технологии удаления железа и марганца из воды. Осветление воды: [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://univod.ru/tehnologii/udalenie-zheleza-i-marganca/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения 29.04.2016).

19. Системы водоподготовки для промышленных нужд. Расходные материалы для фильтрующих установок: [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://www.arista.com.ua/index.php?do=showgall&gid=25&id=17526&show=4nalbum>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения 29.04.2016).

20. Загрузки для обезжелезивания и деманганации: [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://www.hte.ru/optovjye_prodazhi/katalog724d/filqtruyuschie_materialjy/obezzhelozivanie_i_demanganatsiya/, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения 29.04.2016).

21. Каталитические сорбенты и способы их получения: [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://sib-filtr.ru/a115286-kataliticheskie-sorbenty-sposoby.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения 29.04.2016).

22. Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова // Изд-во Томского политехнического университета. 2014. С. – 36.

23. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. – Введ. 2003-15-06 – Режим

доступа: URL: https://polyset.ru/GOST/all-doc/SanPiN/SanPiN-2-2-1_2-1-1-1278-03/, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 14.06.2016)

24. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Электронный ресурс]. – Введ. 2003-30-06 – Режим доступа: URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4294817/4294817617.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 04.06.2016).

25. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс]. – Введ. 1996-01-01 – Режим доступа: URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4294851/4294851474.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 04.06.2016).

26. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Электронный ресурс]. – Введ. 2003-30-06 – Режим доступа: URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4294817/4294817617.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 04.06.2016).

27. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях [Электронный ресурс]. – Введ. 2003-05-01 – Режим доступа: URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4294817/4294817555.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 04.06.2016).

28. ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. – Введ. 1984-07-01 – Режим доступа: URL: meganorm.ru/Data2/1/4294852/4294852047.htm, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 04.06.2016).

29. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс]. – Введ. 1996-01-01 – Режим доступа: URL:

<http://meganorm.ru/Index2/1/4294854/4294854801.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 04.06.2016).

30. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения [Электронный ресурс]. Введ. 01.01.2001 – Режим доступа: URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4294846/4294846957.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 04.06.2016).

31. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Электронный ресурс]. Введ. 01.01.1985 – Режим доступа: URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4294854/4294854703.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 04.06.2016).

32. ГОСТ Р 51641-2000. Материалы фильтрующие зернистые. Общие технические условия [Электронный ресурс]. Введ. 11.09.2000 – Режим доступа: URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/40/40375/index.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 04.06.2016).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Таблица А.1 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожи}$, чел-дни				Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3							
Составление и утверждение задания на выполнение ВКР	2	1	2	2	2	5	2	1,4	3,2	Руководитель	2	1,4	3,2	3	2	5
Изучение литературных материалов в области водоочистки	3	1	3	3	2	5	3	1,4	3,8	Студент	3	1,4	3,8	4	2	6
Проведение анализа современных технологий в области водоочистки	1	2	2	1	4	5	1	2,8	3,2	Студент	1	2,8	3,2	2	4	5
Выбор направления исследований	1	2	3	3	4	8	1,8	2,8	5	Рук. – студ.	0,9	1,4	2,5	1	2	4
Календарное планирование работ	3	7	7	5	14	9	5	9,8	7,8	Рук. – студ.	2,5	4,9	3,9	4	7	6
Изучение литературных источников по заданной тематике	8	9	11	13	18	41	10	11	23	Студент	10	11	23	15	16	34
Подбор материалов, использованных в разработке сорбента	2	1	1	3	2	11	2,4	1,4	5	Студент	2,4	1,4	5	6	2	7
Анализ использования подобных материалов в других работах	1	1	2	1	2	2	1	1,4	2	Студент	1	1,4	2	2	2	3
Проведение лабораторных исследований водных сред	2	1	2	3	2	4	2,4	1,4	2,8	Рук. – студ.	1,2	0,7	1,4	2	1	2
Подготовка материалов	1	1	3	1	1	3	1	1	3	Рук. – студ.	0,5	0,5	1,5	1	1	2

Продолжение таблицы А.1

Проведение сорбционных процессов в различных режимах	3	1	1	5	3	4	3,8	1,8	2,2	Студент	3,8	1,8	2,2	6	3	3
Оценка эффективности полученных сорбентов по извлечению тяжелых металлов	1	1	1	3	3	4	1,8	1,8	2,2	Студент	1,8	1,8	2,2	3	3	3
Анализ и обработка полученных результатов	1	2	2	1	2	4	1	2	2	Студент	1	2	2	2	3	3

Таблица А.2 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ, дек													
				февр		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение задания на выполнение ВКР	Руководитель	5	■									■				
2	Изучение литературных материалов в области водоочистки	Студент	6	■													
3	Проведение анализа современных технологий в области водоочистки	Студент	5		■												
4	Выбор направления исследований	Рук. – студ.	4			■											
5	Календарное планирование работ	Рук. – студ.	6				■										

Продолжение таблицы А.2

6	Изучение литературных источников по заданной тематике	Студент	34															
7	Подбор материалов, использованных в разработке сорбента	Студент	7															
8	Анализ использования подобных материалов в других работах	Студент	3															
9	Проведение лабораторных исследований водных сред	Рук. – студ.	2															
10	Подготовка материалов	Рук. – студ.	2															
11	Проведение сорбционных процессов в различных режимах	Студент	3															
12	Оценка эффективности полученных сорбентов по извлечению тяжелых металлов	Студент	3															
13	Анализ и обработка полученных результатов	Студент	3															