



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

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»  
ООП/ОПОП Аналитический контроль в химической промышленности  
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

Тема работы
Разработка сорбционного материала для очистки питьевой воды от ионов кальция и магния

УДК 621.16.081.3:553.578

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д93	Кельманова Ксения Евгеньевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Чернова Анна Павловна	К.х.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Меньшикова Екатерина Валентиновна	К.ф.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев Милий Всеволодович	-		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Михеева Елена Валентиновна	К.х.н., доцент		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

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

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

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»

ООП/ОПОП Аналитический контроль в химической промышленности

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2022/2023 учебного года)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д93	Кельманова Ксения Евгеньевна

Тема работы:

<b>Разработка сорбционного материала для очистки питьевой воды от ионов кальция и магния</b>
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Выполнение серии экспериментов	
	Обзор литературных данных	
	Разработка раздела «Социальная ответственность»	
	Разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	
	Обработка полученных данных	

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Чернова Анна Павловна	К.Х.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП/ОПОП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Михеева Елена Валентиновна	К.Х.Н.		

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д93	Кельманова Ксения Евгеньевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д93	Кельмановой Ксении Евгеньевне

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

<b>Разработка сорбционного материала для очистки питьевой воды от ионов кальция и магния</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b> 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p>	<p><i><b>Объект исследования</b> – сорбционный материал для очистки питьевой воды от ионов кальция и магния.</i></p> <p><i><b>Рабочая зона</b> – лабораторное помещение физико-химических методов анализа отделения химической инженерии (ОХИ) ТПУ №213, оборудованное компьютерами.</i></p> <p><i><b>Область применения</b> – водоподготовка</i></p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <p>1.1. Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- "Инструкция по охране труда для лаборанта аналитической лаборатории" (УТВ. МИНТРУДОМ РФ 17.05.2004);</li> <li>- ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности;</li> <li>- ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования;</li> <li>- ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;</li> <li>- ГОСТ 22269-76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.</li> </ul>

<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ потенциально вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.</p> <p>2.2. Анализ потенциально вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.</p> <p>2.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.</p>	<p><i>Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека;</i></li> <li>2. <i>Отклонение показателей микроклимата помещения;</i></li> <li>3. <i>Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</i></li> <li>4. <i>Повышенный уровень шума;</i></li> <li>5. <i>Длительное сосредоточенное наблюдение.</i></li> </ol> <p><i>Выявление опасных факторов при разработке и эксплуатации научного исследования:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека.</i></li> <li>2. <i>Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает рабочий.</i></li> </ol> <p><i>В лабораторных помещениях должны быть предусмотрены требования СанПиН 2.2.4.548-96 и ГОСТ 12.1005 – 88 (2000).</i></p>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Вредные вещества, которые выделяются через вентиляционную систему лаборатории, оказывают влияние на атмосферу;</i></li> <li>- <i>Удаление биологических, неорганических и органических отходов в канализационную сеть лаборатории загрязняют гидросферу;</i></li> <li>- <i>Твердые отходы, содержащие биологические материалы и опасные вещества являются угрозой для литосферы.</i></li> </ul>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p><i>Пожар, взрыв, а также загрязнение химическими веществами являются потенциальными ЧС.</i></p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев М.В.	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д93	Кельманова Ксения Евгеньевна		

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ  
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д93	Кельманова Ксения Евгеньевна

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОХИ</b>
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных и финансовых ресурсов, используемых в процессе исследования, с учетом текущих рыночных цен на технологии и материалы. Зарплаты сотрудников, задействованных в проекте, которые будут оплачиваться в соответствии с установленными окладами в организации.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации. Отчисления во внебюджетные фонды – 30 %</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	<i>Провести предпроектный анализ</i>
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	<i>Провести оценки сравнительной эффективности проекта. Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i>

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей)

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Матрица SWOT</li> <li>2. Иерархическая структура работ проекта</li> <li>3. График проведения НИИ</li> <li>4. Организационная структура проекта</li> <li>5. Группировка затрат по статьям</li> <li>6. Сравнительная эффективность разработки</li> </ol>
--

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент ОСГН, ШБИП	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
---------------	------------	----------------	-------------

2Д93	Кельманова Ксения Евгеньевна		
------	------------------------------	--	--

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»  
ООП/ОПОП Аналитический контроль в химической промышленности  
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Михеева Е.В.  
(Подпись) (Дата) (ФИО)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д93	Кельманова Ксения Евгеньевна

Тема работы:

<b>Разработка сорбционного материала для очистки питьевой воды от ионов кальция и магния</b>
Утверждена приказом директора ИШПР (дата, номер)

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<p>Объект исследования: сорбционный материал.</p> <p>Предмет исследования: методы очистки воды от различных примесей.</p> <p>Разработать сорбционный материал для очистки питьевой воды от ионов кальция и магния.</p>
<b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>	<p>Литературный обзор по тематике научно-исследовательской работы.</p> <p>Проведение комплекса экспериментов для достижения цели исследования.</p> <p>Анализ и обсуждение результатов проведенной работы.</p> <p>Анализ экономической привлекательности, ресурсоэффективности и ресурсосбережения работы.</p> <p>Анализ рисков и опасностей проведения исследования и составления перечня нормативов для их регулирования.</p> <p>Формулировка выводов и заключений по работе.</p>
<b>Перечень графического материала</b>	Нет

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	К.ф.н., доцент ШБИП Меньшикова Е.В.
«Социальная ответственность»	Старший преподаватель ООД ШБИП Гуляев М.В.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>	
Нет	

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

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОХИ	Чернова Анна Павловна	к.х.н.		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Д93	Кельманова Ксения Евгеньевна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает 73 страницы, 2 рисунка, 31 таблицу, 31 источник литературы.

Ключевые слова: сорбционный материал, трепел, ионообменная смола, активированный уголь.

Объект исследования: модифицированный сорбционный материал.

Цель работы: Разработать модифицированный сорбционный материал для очистки питьевой воды от ионов кальция и магния, нитратов и железа.

Бакалаврская работа выполнена в Отделении химической инженерии НИ ТПУ.

В ходе работы получены сорбционные материалы, определена сорбционная емкость по параметрам контроля качества воды. Установлено, что использование сорбционного состава эффективно влияют на очистку воды.

Экономическая значимость работы заключается в возможности использования полученного сорбционного материала в водоочистных установках в комплексе с другими сорбентами.

Руководитель: к.х.н., доцент А.П. Чернова.

Выполнил: студент группы 2Д93 К.Е. Кельманова.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	14
ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР .....	16
1.1 Водные ресурсы.....	16
1.2 Способы очистки .....	18
1.2.1 Озонирование.....	18
1.2.2 Хлорирование .....	19
1.2.3 Фильтрующие материалы .....	20
1.3 Сорбционные материалы. ....	21
1.3.1 Трепел.....	21
1.3.2 Ионообменная смола .....	23
1.3.3 Активированный уголь.....	23
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	25
2.1 Материалы, оборудование и химическая посуда.....	25
2.2 Определение жесткости .....	25
2.2.1 Методика приготовления вспомогательных растворов.....	26
2.3 Определение рН.....	28
2.4 Определение железа .....	29
2.5 Определение нитратов.....	30
ГЛАВА 3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ .....	32
3.1 Определение показателей качества питьевой воды.....	32
3.1.1 Исследование жесткости воды.....	32
3.1.2 Исследование показателя рН .....	34
3.1.3 Показатель концентрации железа .....	35
3.1.4 Показатель концентрации нитратов .....	36

3.1.5	Исследование сорбционной способности модифицированного сорбционного состава.....	37
4	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	39
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	39
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	39
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений .....	40
4.1.3	SWOT-анализ .....	41
4.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	44
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	44
4.2.1	Определение трудоемкости выполнения работ .....	46
4.2.2	Разработка графика проведения научного исследования.....	47
4.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	49
4.3.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	49
4.3.2	Расчет затрат на оборудование .....	50
4.3.3	Расчет основной заработной платы .....	52
4.3.4	Расчет дополнительной заработной платы.....	53
4.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	54
4.3.6	Накладные расходы .....	54
4.3.7	Формирование бюджета затрат НТИ.....	55
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	55
ГЛАВА 5.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	57
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	57

5.1.1 Специальные (характерные для лаборатории) правовые нормы трудового законодательства .....	57
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя .....	58
5.2. Производственная безопасность.....	58
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	58
5.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов .....	64
5.3 Экологическая безопасность.....	65
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	66
Вывод по разделу: .....	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	70

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность темы:**

В современном мире одной из главных проблем является качество воды, которая так необходима для нашего существования. Трудно переоценить значение чистой воды для человека. Она играет ключевую роль в поддержании гигиены и приготовления пищи. Недостаток чистой воды или использование загрязненной воды может привести к различным заболеваниям и инфекциям, особенно уязвимыми могут быть дети и люди с ослабленной иммунной системой. К сожалению, вода редко бывает чистой[1]. Вода всегда содержит примеси или растворенные материалы, большое количество химических веществ, как органических, так и неорганических. В том числе природные минералы, такие как кальций, магний, калий, натрий, которые в умеренных концентрациях могут быть полезны для человеческого организма. Однако, если содержание этих минералов превышает допустимые нормы, это может привести к проблемам со здоровьем.

Для решения обозначенной проблемы применяют различные методы доочистки воды: хлорирование, ультрафиолетовое обеззараживание, озонирование, а также фильтрующие материалы[2].

**Цель работы:** Разработать сорбционный материал для очистки питьевой воды от ионов кальция и магния.

**Объект исследования** в данной работе является сорбционный материал, а именно трепел, ионообменная смола и активированный уголь.

**Предмет исследования:** сорбционная способность сорбционного материала к ионам кальция и магния и других примесей.

### **Исследование степени очистки воды по разным показателям:**

- жесткость воды;
- рН ;
- тяжелые металлы;
- хлориды;
- нитраты.

### **Задачи исследования:**

1. Проведение контроля исходной водопроводной воды по показателям жесткости воды, рН, концентрации железа, хлоридов и нитратов;
2. Проведение процесса сорбции исходной воды с использованием сорбционных материалов по отдельности и в комбинации в динамических условиях;
3. Проведение контроля водопроводной воды после сорбции по показателям жесткости воды, рН, концентрации железа, хлоридов и нитратов.

# ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

## 1.1 Водные ресурсы

Вода является одним из основных ресурсов на Земле и частью всей жизни на планете. Большинство элементов, необходимых для жизни человека, содержится в воде, а также вода играет важную роль в многих экосистемах. Однако, в последние десятилетия произошли значительные изменения в экологии мира, и водные ресурсы не остались в стороне.

В наш индустриальный век в связи с резким увеличением отходов водоемы уже не справляются со столь значительным загрязнением. Возникла необходимость обезвреживать, очищать сточные воды и утилизировать их. [3]

По данным Всемирной организации здравоохранения, каждый год в мире от заболеваний, связанных с загрязнением воды, погибает около 3,4 миллиона человек. Это связано с тем, что загрязнение водных ресурсов может содержать бактерии, вирусы, тяжелые металлы и другие вредные вещества.

На территории Российской Федерации стандарты качества питьевой воды определяют качество подземных вод, представленных в ГОСТ 17.1.1.04-80 (Таб.1).

Таблица 1 – Классификация подземных вод по целям водопользования согласно ГОСТ 17.1.1.04-80[4].

Вода питьевая	Вода, в которой бактериологические, органолептические показатели и показатели токсических химических веществ находятся в пределах норм питьевого водоснабжения
Вода техническая	Вода, кроме питьевой, минеральной и промышленной, пригодная для использования в народном хозяйстве
Вода теплоэнергетическая	Термальная вода, теплоэнергетические ресурсы которой могут быть использованы в любой отрасли народного хозяйства

Вода промышленная	Вода, компонентный состав и ресурсы которой достаточны для извлечения этих компонентов в промышленных масштабах
Вода минеральная	Вода, компонентный состав которой отвечает требованиям лечебных целей

Настоящий стандарт распространяется на питьевую воду, производимую и подаваемую централизованными системами питьевого водоснабжения, и устанавливает общие требования к организации и методам контроля качества питьевой воды.

Таблица 2 – Нормы качества питьевой воды СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода[5].

Показатели	Ед. измерения	Нормативы ПДК, не более	Показатель вредности	Класс опасности	ВОЗ	USE PA	ЕС
Водородный показатель	ед. рН	в пределах 6-9	-	-	-	6,5-8,5	6,5-8,5
Жесткость общая	мг-экв/л	7,0 (10)	-	-	-	-	1,2
<b>Неорганические вещества</b>							
Железо (Fe, суммарно)	мг/л	0,3 (1,0)	орг.	3	0,3	0,3	0,2
Кальций (Ca <sup>2+</sup> )	мг/л	-	-	-	-	-	100,0
Нитраты (NO <sup>3-</sup> )	мг/л	45	с.-т.	3	50,0	44,0	50,0
Хлориды (Cl <sup>-</sup> )	мг/л	350	орг.	4	250,0	250,0	250,0

Таблица 3 - Требования по микробиологическим и паразитологическим показателям воды[5].

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
------------	-------------------	-----------

Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	Не более 50
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфоредактирующих клостридий	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 мл	Отсутствие

## 1.2 Способы очистки

К сожалению, вода практически никогда не бывает чистой, то есть всегда содержит какие-то примеси и растворенные вещества[6]. Она растворяет в себе огромное количество химических веществ, как органических, так и неорганических.

Некоторые из них сами по себе возможно и не очень вредны для организма, но становятся вредными при контакте с другими. Другие же полезны, но сочетания могут приносить вред, в целом несравнимый с пользой. Другая разновидность примесей - это микроорганизмы, которые вызывают массу заболеваний: бактерии, вирусы, грибы, простейшие и т.д.

Известно, что поступление в организм с питьевой водой веществ, в концентрациях выше предельно-допустимых, может вызвать необратимые изменения в работе важнейших систем жизнедеятельности человека.

### 1.2.1 Озонирование

Одним из наиболее реальных и высокоэффективных методов очистки

воды от указанных загрязнений является озонирование[7]. Озонирование воды позволяет существенно улучшить качество питьевой и очищенной сточной воды и решить проблемы: здравоохранения и экологии.

Озонирование воды позволит кроме решения основных задач по улучшению качества очищенных сточных вод, упростить технологию подготовки природных вод. Наиболее широкое применение технология озонирования получила в области подготовки питьевой воды. В существующем многообразии методов и способов решения проблемы качественной очистки и обеззараживания воды озонирование является предпочтительным, что вызвано:

- трудностями решения проблем, связанных с образованием в очищенной воде в результате её хлорирования токсичных хлорорганических соединений;
- недостаточным количеством хлорреагентов, выпускаемых российской промышленностью;
- возможностью получения озона на месте применения;
- высокой активностью озона в отношении обеззараживания воды от бактерий и вирусов.

### 1.2.2 Хлорирование

Самый распространенный и проверенный способ дезинфекции воды – первичное хлорирование[8] .

В настоящее время этим методом обеззараживается 98,6 % воды.[9] Причина этого заключается в повышенной эффективности обеззараживания воды и экономичности технологического процесса в сравнении с другими существующими способами. Хлорирование позволяет не только очистить воду от нежелательных органических и биологических примесей, но и полностью удалить растворённые соли железа и марганца.

Другое важнейшее преимущество этого способа – его способность обеспечить микробиологическую безопасность воды при её транспортировании пользователю благодаря эффекту последствия.

Существенный недостаток хлорирования – присутствие в обработанной воде свободного хлора, ухудшающее её органолептические свойства и являющееся причиной образования побочных галогенсодержащих соединений (ГСС). Большую часть ГСС составляют тригалометаны (ТГМ) – хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан и бромформ. Их образование обусловлено взаимодействием соединений активного хлора с органическими веществами природного происхождения.

Этот процесс растянут по времени до нескольких десятков часов, а количество образующихся ТГМ при прочих равных условиях тем больше, чем выше рН воды. Для устранения примесей требуется доочистка воды на угольных фильтрах.

В настоящее время предельно допустимые концентрации для веществ, являющихся побочными продуктами хлорирования, установлены в различных развитых странах в пределах от 0,06 до 0,2 мг/л и соответствуют современным научным представлениям о степени их опасности для здоровья.

### 1.2.3 Фильтрующие материалы

Фильтрация — самый распространенный метод отделения твердых частиц от жидкости[10]. При этом из раствора могут быть выделены не только диспергированные частицы, но и коллоиды.

В процессе фильтрации происходит задержание взвешенных веществ в порах фильтрующей среды и в биологической пленке, окружающей частицы фильтрующего материала. Вода освобождается от взвешенных частиц, хлопьев коагулянта и большей части бактерий.

Очистка воды с помощью фильтрации применяется для самых различных целей. Для очистки воды, подаваемой из общественных водопроводных сетей, как правило, применяется тонкое фильтрация с использованием:[11]

– фильтров обратной промывки (данный тип фильтров представляет собой сетчатые фильтры, очистка в которых происходит посредством

осаждения механических загрязнений на сетке фильтра и при обратной промывке водой смываются в дренаж)

– патронные фильтры (данный тип фильтров представляет собой колбу со сменным фильтрующим элементом – патроном (картриджем), по истечении срока службы которого, производится замена на новый фильтрующий элемент).

В качестве элементов очистки используют сетки и картриджи со степенью фильтрации от 5 мкм до 1 мм, в зависимости от уровня загрязнений. В качестве фильтрующего материала в зависимости от целей фильтрации применяется кварцевый песок, антрацит, доломит, трепел.

### 1.3 Сорбционные материалы.

Сорбционная очистка воды – это процесс удаления загрязнений из воды с использованием сорбентов. Применение сорбционной очистки может быть эффективным методом для удаления различных загрязнений из воды, особенно для удаления микроорганизмов, тяжелых металлов и органических соединений.

Сорбенты – это материалы, которые имеют свойство притягивать к себе различные вещества из окружающей среды. Они могут быть использованы для удаления различных загрязнений из воды, включая органические и неорганические соединения, микроорганизмы, тяжелые металлы и другие вещества.

Существует множество различных типов сорбентов, которые могут быть использованы для очистки воды. Некоторые из них являются естественными материалами, такими как песок, глина, кокосовые орехи или древесина. Другие сорбенты представляют собой искусственно созданные материалы, такие как активированный уголь, синтетические полимеры или ионообменные смолы.

#### 1.3.1 Трепел

Трепел - это природный сорбент, который состоит из кремнезема и других минералов. Месторождения трепелов выявлены как в осадочных, так и в

вулканогенных комплексах. Его фракции могут быть различными, включая грубые, средние и мелкие частицы. Окраска их от светло-серой, почти белой, до жёлто-серой, буровато-серой. Пористость – от 50% до 70% [12].

Трепелы данного месторождения обладают особым сочетанием химических и физических свойств, а также характеризуются высокими сорбционными и катионообменными свойствами, химической стойкостью и стабильностью к кислотам и термостойкостью [13]. Обладает хорошей способностью удаления органических загрязнений, бактерий и других микроорганизмов, а также железа, марганец и другие тяжелые металлы.

Трепел используется как сорбент в процессах очистки питьевой воды, а также в промышленности для очистки сточных вод. Применение в промышленности и водоочистке является экологически безопасным и экономичным способом очистки воды, так как он не содержит химических добавок и не наносит вреда окружающей среде.

Сорбент, используемый в исследовании, привезен с Зикеевского месторождения Калужской области, представляет тонкодисперсный лёгкий порошок светлокорицевого или желтовато-коричневого цвета. В основном состоит из кремнезёма  $\text{SiO}_2$ . Подробная характеристика представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристика сорбента минерального на основе трепела Зикеевского происхождения [14].

№	Наименование показателя	Норма
1	Содержание $\text{SiO}_2$	Не более 82 %
2	Содержание $\text{Al}_2\text{O}_3$	Не более 3,5 %
3	Содержание $\text{Fe}_2\text{O}_3$	Не более 4 %
4	Влажность	Не более 50 %
5	Потери при прокаливании	2,5 % - 3 %
6	Наличие вскрышных пород	Не допускается

### 1.3.2 Ионообменная смола

Ионообменная смола - это сорбент, состоящий из полимерных частиц, которые могут эффективно удалять различные ионы из воды. Сферические зерна от желтого до темно-коричневого цвета. Смола может быть катионной или анионной, в зависимости от типа зарядов, которые она способна привлекать. Она используется для удаления жесткости, нитратов, сульфатов, хлоридов и других ионов.

Ионообменные смолы могут быть различных типов, но обычно они состоят из сетчатых полимерных материалов, обладающих способностью селективного ионного обмена. Одним из примеров таких смол является ионообменная смола на основе стирен-дивинилбензольного кополимера, которая используется для удаления катионов кальция и магния.

В качестве сорбента в работе была использована ионообменная смола – катионит КУ – 2 – 8, ГОСТ 20298[15]. Характеристика указана в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристика ионообменной смолы КУ – 2 – 8.

Марка	Функциональная группа	Ионная форма товарного катионита	Тип	Структура	Рекомендуемые области применения
КУ-2-8	Сульфогруппа	Водородно - солевая	Полимеризационный	Гелевая	Водоподготовка, гидрометаллургия, очистка сточных вод

### 1.3.3 Активированный уголь

Активированный уголь - это сорбент, который получается путем обработки угля паром или химическими реагентами для увеличения его поверхностной площади и адсорбирующей способности.

Активированный уголь обладает высокой адсорбирующей способностью по отношению к органическим веществам, хлору, тяжелым металлам и другим загрязнителям в воде. Его высокая адсорбирующая способность обусловлена многочисленными микропорами и мезопорами на его поверхности, которые позволяют удерживать загрязнители внутри своей структуры. Кроме того, активированный уголь не является токсичным и не имеет нежелательных

эффектов на окружающую среду.

Он широко используется в очистке питьевой воды, в промышленности для очистки сточных вод и в лечебной медицине для лечения отравлений. Его фракции также могут быть различными, включая гранулы, порошок и другие формы.

В качестве сорбента в работе была использована активированный уголь – БАУ – А, ГОСТ 6217-74. [16] Характеристика указана в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристика активированного угля – БАУ – А.

Внешний вид	Адсорбционная активность, %, не менее	Суммарный объем пор по воде, см <sup>3</sup> /г, не менее	Насыпная плотность, г/дм <sup>3</sup> , не менее	Массовая доля золы, %, не менее	Массовая доля влаги, %, не менее
зерна черного цвета без механических включений	60	1,6	240	6	10

## ГЛАВА 2. МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Материалы, оборудование и химическая посуда

*Используемые реактивы и стандартные вещества:*

Вода дистиллированная, ГОСТ 6709-72

Сорбент минеральный на основе трепела Зикеевского происхождения

Ионообменная смола – катионит КУ – 2 – 8, ГОСТ 20298

Активированный уголь – БАУ – А, ГОСТ 6217-74

Трилон Б, ГОСТ 10652-73

Магния сульфат MgSO<sub>4</sub>, ГОСТ 4523-77

Аммония хлорид NH<sub>4</sub>Cl, ГОСТ 3773-72

Аммиак водный NH<sub>3</sub>, ГОСТ 3760-79

Аскорбиновая кислота, ГОСТ. 4815-76

Кислота соляная HCl, ГОСТ 3118-77

Натрия гидроксид NaOH, ГОСТ 4328 - 77

Индикатор Фенолфталеин, ГОСТ 5850-72

Индикатор Эриохром черный, ГОСТ 4919-2016

*Оборудование, используемое для выполнения НИР:*

Аналитические весы (класс точности 0,0001 г) (СЕ 124-С, СЕ 224-С, производитель Сартогосм, Россия)

pH-метр/иономер ИТАН (класс точности 0,10 г) ТУ 4215-006-71721453-2008

*Лабораторная химическая посуда, используемая для выполнения НИР:*

Колбы мерные 250 см<sup>3</sup>, ГОСТ 1770-74

Цилиндры мерные с носиком 5, 1000 см<sup>3</sup>, ГОСТ 1770-74

Стаканы стеклянные 25, 50 см<sup>3</sup>, ГОСТ 1770-74

Бюретка для титрования 25 см<sup>3</sup>, ГОСТ 29251-91

Воронка стеклянная 50 см<sup>3</sup>, ГОСТ 25336-82

### 2.2 Определение жесткости

Сущность метода[17]:

Метод основан на образовании комплексных соединений трилона Б 0.2 Н (Динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты) с ионами щелочноземельных элементов. Определение проводят титрованием пробы раствором трилона Б при рН=10 в присутствии индикатора.

При определении общей жесткости используются следующие реактивы:

- а) раствор трилона Б 0,2 Н;
- б) аммиачно-буферный раствор;
- в) индикатор эриохром черный (порошок).

Определение общей жесткости проводится в следующем порядке:

В коническую колбу отмерить мерным стаканом 100 см<sup>3</sup> исследуемой воды, затем с помощью мерной бюретки добавить 5 см<sup>3</sup> аммиачно-буферного раствора и добавить 1 ложечку сухого порошка эриохрома черного. Раствор тщательно перемешать. Титровать рабочим раствором трилона Б 0.2 Н до перехода вишнево-красной окраски в сине-фиолетовую.

Титрование ведут медленно, прибавляя по каплям трилон Б при перемешивании жидкости. Перемешивание проводят вращательным движением, не встряхивая колбу.

Жесткость рассчитывают по формуле:

$$Ж_{\text{общ}} = \frac{C_{\text{ТрБ}} * V_{\text{ТрБ}}}{V_{\text{исслед}}} * 1000$$

где  $C_{\text{ТрБ}}=0,2$  Н;

$V_{\text{исс}}=100$  мл.

### 2.2.1 Методика приготовления вспомогательных растворов.

#### 1. Раствор трилона Б:

Трилон Б отвешивают 18,61 г, помещают в мерную колбу вместимостью 1000 см, растворяют в дистиллированной воде, доводят до метки. Установку поправочного коэффициента к концентрации раствора трилона Б, приготовленного из навески, проводят по раствору сульфата магния.

Раствор трилона Б пригоден для использования в течение 6 мес. Рекомендуется не реже одного раза в месяц проверять значение поправочного

коэффициента.

## 2. Раствор сульфата магния 25 ммоль/дм

Раствор готовят из взвеси сульфата (сернокислого) магния в соответствии с инструкцией по его применению, при необходимости разбавляя до требуемой концентрации[12].

Для приготовления раствора сульфата магния берут на технических весах навеску  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 1,54$  г, необходимую для получения 250 мл.

Взятую навеску растворяют в 250 мл дистиллированной воды и тщательно перемешивают.

## 3. Аммиачно-буферный раствор $\text{pH} = (10 \pm 0,1)$

Для приготовления 500 см<sup>3</sup> буферного раствора в мерную колбу вместимостью 500 см<sup>3</sup> помещают 10 г хлорида аммония, добавляют 100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды для его растворения и 50 см<sup>3</sup> 25 %-ного водного аммиака, тщательно перемешивают и доводят до метки дистиллированной водой.

Буферный раствор пригоден для использования в течение 2 мес при его хранении в плотно закрытой емкости. Рекомендуется периодически перед применением буферного раствора проверять его pH с использованием pH-метра.

## 4. Поправочный коэффициент к трилону Б

В колбу коническую объемом 250 мл. вносим 10 мл. раствора магния ионов, прибавляем 90 мл. воды дистиллированной, 5 мл. раствора буферного, около 0,07 г смеси сухой индикатора и титруем сразу трилоном Б до момента, когда окраска в точке эквивалентности не изменится от красно-фиолетовой до синей с зеленым оттенком.

Сначала трилон Б прибавляем, постоянно перемешивая, довольно быстро. Затем, при изменении цвета раствора, замедляем добавление. Точка эквивалентности достигается при изменении окраски, когда перестанет

меняться цвет раствора.

Поправочный коэффициент К к трилону Б 0.2 Н вычисляем по формуле:

$$K = \frac{10}{V}$$

где V – количество трилона Б, который был израсходован на титрование,мл.;

10 – количество магния ионов, мл.

### 2.3 Определение pH

Сущность метода[18]:

Потенциометрический метод определения pH основан на измерении разности потенциалов между измерительным электродом и электродом сравнения, погруженным в анализируемый раствор.

Оборудование:

- pH-метр/ иономер ИТАН (рисунок 2)
- стеклянный электродом
- электродом сравнения



Рисунок 2 – pH-метр/иономер ИТАН

Электроды тщательно ополаскивают дистиллированной водой, остатки воды удаляют, промокая их фильтровальной бумагой, и опускают в анализируемую пробу, помещенную в стаканчик для измерения. Отсчет

величины рН проводят по шкале прибора.

Измерение рН повторяют не менее двух раз, каждый раз вынимая электроды из анализируемой пробы и вновь погружая их в раствор. Результаты не должны отличаться более чем на 0.2 ед. рН.

За результат анализа принимают среднее арифметическое  $X_{\text{ср}}$ , ед. рН, которое рассчитывают по формуле

$$X_{\text{ср}} = \frac{X_1 + X_2}{2}$$

где  $X_1$  и  $X_2$  — результаты двух параллельных измерений, ед. рН.

После измерений электроды ополаскивают дистиллированной водой.

## 2.4 Определение железа

Сущность метода:

Метод определения железа в питьевой воде, использующий титрование с аскорбиновой кислотой, основан на взаимодействии железа ( $\text{Fe}^{2+}$ ) и аскорбиновой кислоты ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) с образованием железо-аскорбинатного комплекса.

Оборудование и реактивы:

- Колба для титрования
- Бюретка
- Пипетка
- Р-р Аскорбиновой кислоты
- Индикатор Фенолфталеин

Методика определения железа:

1. Подготовить 0,1 М раствор аскорбиновой кислоты, добавив 3,48 г аскорбиновой кислоты в 1 л дистиллированной воды.

2. Взять 100 мл пробу питьевой воды и добавить 10 мл концентрированной соляной кислоты (р-р  $\text{HCl}$  можно приготовить путем растворения 8.4 мл концентрированной соляной кислоты (плотность 1.18 г/мл) в 100 мл дистиллированной воды). Концентрация раствора будет порядка 0.1 М.), чтобы произошла окислительная кислотная переводом железа в двухвалентное

состояние.

3. Добавить 5 мл раствора гидроксида натрия для нейтрализации кислоты и установления рН в диапазоне 8-10, добавить несколько капель индикатора.

4. Наполнить бюретку 0,1 М раствором аскорбиновой кислоты и начать титрование, добавляя раствор аскорбиновой кислоты к пробе питьевой воды до появления слабо-розового цвета.

$$C_{Fe} = \frac{V_{аск} * N_{аск} * M_{Fe}}{V_{H2O}}$$

где: С (Fe) - концентрация железа в образце питьевой воды, мг/л;

V (аск) - объем аскорбиновой кислоты, мл;

N (аск) - нормальность раствора аскорбиновой кислоты, 0.1 М;

V (образца) - объем образца питьевой воды, 100 мл;

M (Fe) 55.85 - молярная масса железа.

## 2.5 Определение нитратов

Сущность метода[19]:

Определение нитратов в питьевой воде может быть выполнено потенциометрическим методом, основанным на измерении потенциалов, возникающих между испытуемым раствором и погруженным в него электродом. Этот метод анализа основан на использовании зависимости электрического сигнала (потенциала) специального датчика, называемого измерительным электродом, от состава анализируемого раствора.

Оборудование:

- рН-метр/ иономер ИТАН
- стеклянный электродом
- нитратный ионоселективный электрод

Методика определения нитратов:

Перед началом работы мембрану ионоселективного электрода вымачивают в течение 24 ч в растворе азотнокислого калия или азотнокислого

натрия  $C_{\text{NO}_3^-} = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup> 5) при температуре  $(20 \pm 5^\circ\text{C})$ .

Электроды тщательно ополаскивают дистиллированной водой, остатки воды удаляют, промокая их фильтровальной бумагой, и опускают в анализируемую пробу, помещенную в стаканчик для измерения. Отсчет величины  $C(\text{NO}_3)$  проводят по шкале прибора.

Содержание нитрат-ионов,  $X$ , мг/дм<sup>3</sup> вычисляют по формуле:

$$X_{\text{ср}} = \frac{X_1 + X_2}{2}$$

где  $C$  — содержание нитрат-ионов, найденное по графику, мг/дм<sup>3</sup> ;

$V$  — объем исследуемой пробы, взятой на анализ, дм<sup>3</sup> .

За результат анализа  $X_{\text{ср}}$  принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений  $X_1$  и  $X_2$  .

## 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Объектом исследования является сорбционный материал для очистки питьевой воды от ионов кальция и магния.

Для оценки перспективности научного исследования необходимо определить коммерческую ценность разработки.

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач []:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Исходя из перечисленных задач, были сформированы структура и содержание данного раздела.

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

#### 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов разработанной методики могут являться:

- Компании, занимающиеся производством и продажей сорбционных материалов и технологий для очистки воды.

- Компании, занимающиеся водоснабжением и водоочисткой, которые могут использовать разработанный сорбционный материал для очистки питьевой воды.
- Государственные и муниципальные организации, занимающиеся контролем качества воды, которые могут использовать результаты исследования для определения уровня загрязнения воды.
- Научные организации и учебные заведения, занимающиеся исследованиями в области водоочистки и материаловедения, которые могут использовать результаты исследования для дальнейших исследований и разработок.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время для очистки питьевой воды используют разные сорбенты, в основном это только активированный уголь. В данной работе будут использоваться: трепел, ионообменная смола и активированный уголь.

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

Анализ конкурентных технических решений определяли по формуле 4.1:

$$K = \sum V_i \cdot B_i; \quad (4.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл показателя (по 5-ти балльной шкале).

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок приведена в таблице 4.1. Сравнение проводилось между очисткой воды сорбционным материалом из трепела, ионообменной смолы и активированного угля ( $K_f$ ) и конкурентным сорбентом был взят активированный уголь ( $K_1$ ).

Позицию разработки и конкурентов оценивали по каждому показателю по пятибалльной шкале.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Бф	Б1	Кф	К1
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
1.Эффективность очистки	0,2	5	3	1	0,6
2.Простота эксплуатации	0,1	4	5	0,4	0,5
3.Безопасность	0,2	5	5	1	1
<b>Экономические критерии эффективности</b>					
4.Цена на материалы	0,2	3	5	0,6	1
5.Ресурсоемкость	0,2	5	3	1	0,6
6.Уровень проникновения на рынок	0,1	4	4	0,4	0,4
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>4,4</b>	<b>4,1</b>

Полученные результаты свидетельствуют о том, что сорбционный материал является конкурентоспособной разработкой. Основными преимуществами являются невысокая цена по сравнению с рассматриваемыми конкурентными разработками.

#### 4.1.3 SWOT-анализ

SWOT (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности, Threats – угрозы)–это комплексный анализ

научно-исследовательского проекта, применяемый для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он включает в себя следующие этапы:

- 1) Описание сильных и слабых сторон проекта, а также выявление возможностей и угроз во внешней среде.

Таблица 4.2–Матрица SWOT по результатам первого этапа анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p><b>С1.</b> Экспрессность</p> <p><b>С2.</b> Эффективность очистки</p> <p><b>С3.</b> Минимальное количество отходов эксперимента</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p><b>Сл1.</b> Стоимость некоторых материалов выше</p> <p><b>Сл2.</b> Отсутствие прототипа научной разработки</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p><b>В1.</b> Развитие спроса</p> <p><b>В2.</b> Повышение стоимости конкурентных разработок</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p><b>У1.</b> Развитие конкурентных материалов</p> <p><b>У2.</b> Повышение стоимости</p>		

- 2) Выявление соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого используются интерактивные матрицы, в которой сильное соответствие сторон возможностям/угрозам помечается знаком «+», слабое соответствие сторон - знаком «-», а сомнение в оценке соответствия - «0». Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 4.3-4.6.

Таблица 4.3–Интерактивная матрица проекта

«Сильные стороны и возможности проекта»

Сильные стороны проекта				
		С1	С2	С3

Возможности проекта	B1	+	0	0
	B2	+	+	+

Таблица 4.4–Интерактивная матрица проекта

«Слабые стороны и возможности проекта»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	0	0
	B2	0	0	-

Таблица 4.5–Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта				
Угрозы		C1	C2	C3
	У1	0	+	0
	У2	+	+	+

Таблица 4.6–Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	0	-
	У2	-	0	0

3) Составление итоговой матрицы SWOT-анализа по результатам интерактивных матриц. Данная матрица представлена в таблице 4.7.

Таблица 4.7–Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> <b>С1.</b> Экспрессность <b>С2.</b> Эффективность очистки <b>С3.</b> Минимальное количество отходов эксперимента	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> <b>Сл1.</b> Стоимость некоторых материалов выше <b>Сл2.</b> Отсутствие прототипа научной разработки
<b>Возможности:</b> <b>В1.</b> Развитие спроса <b>В2.</b> Повышение стоимости конкурентных разработок	При развитии спроса и повышении стоимости конкурентных разработок данная методика сумеет заинтересовать потребителей за счет своих преимуществ.	Небольшое количество подобных разработок способствует сохранению конкурентоспособности, несмотря на имеющиеся недостатки.
<b>Угрозы:</b> <b>У1.</b> Развитие конкурентных материалов <b>У2.</b> Повышение стоимости	Простота методики и её эффективность позволят ей остаться конкурентоспособной в условиях развития данных угроз.	Следует выработать маркетинговую стратегию в области продвижения разработки на рынок.

В результате SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны разработки, а так же их стабильность в условиях развития дополнительных возможностей и внешних угроз.

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках исследования;
- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научно – экспериментальных работ.

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8–Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Название этапа	Содержание работы	Исполнитель
Введение	Разъяснение темы НИР, основных направлений деятельности по осуществлению НИР	Чернова А.П. ( <i>доцент ОХИ ИШПР</i> )
Литературный обзор	Обзор теоретических основ и существующих методики исследования	Кельманова К.Е. ( <i>студент</i> )
Теоретический анализ	Разработка плана НИР, выбор методики и техники выполнения	Чернова А.П. ( <i>доцент ОХИ ИШПР</i> ) Кельманова К.Е. ( <i>студент</i> )
Постановка задачи исследования	Постановка задачи на эксперимент, предсказание возможных результатов	Чернова А.П. ( <i>доцент ОХИ ИШПР</i> )
Экспериментальная часть	Разработка сорбционного материала для очистки питьевой воды.	Кельманова К.Е. ( <i>студент</i> )
Результаты и обсуждения	Оценка эффективности полученных результатов и определение целесообразности проведения ВКР	Чернова А.П. ( <i>доцент ОХИ ИШПР</i> ) Кельманова К.Е. ( <i>студент</i> )
Оформление отчета по НИР	Разработка презентации, дипломной работы и раздаточного материала	Кельманова К.Е. ( <i>студент</i> )

#### 4.2.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Данный параметр характеризует количество труда (часов), которое было затрачено на выполнения научно-исследовательской работы в рамках ВКР.

Трудозатраты участников представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9–Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ,человеко-дни			Исполнитель	Длительность работ,дни	
	tmin	tmax	тож		Т <sub>р</sub>	Т <sub>к</sub>
Выбор направления исследования	1	3	1,8	Чернова А.П. ( <i>доцент ОХИ ИШПР</i> )	1,8	2,2
Изучение литературы, написание литературного обзора	10	20	14	Кельманова К.Е. ( <i>студент</i> )	14	17
Экспериментальная часть	15	50	29	Кельманова К.Е. ( <i>студент</i> )	29	35
Результаты и обсуждение	10	15	12	Чернова А.П. ( <i>доцент ОХИ ИШПР</i> )	12	15
	10	15	12	Кельманова К.Е. ( <i>студент</i> )		
Оценки эффективности применения анализа	5	10	7	Кельманова К.Е. ( <i>студент</i> )	7	9
Разработка социальной ответственности	3	7	4,6	Кельманова К.Е. ( <i>студент</i> )	4,6	5,6
Обработка данных и оформление ВКР	14	24	18	Кельманова К.Е. ( <i>студент</i> )	18	22
<b>Итого:</b>	68	144	98,4		86,4	105,4

Ожидаемое значение трудоемкости  $t_{ожі}$  рассчитывают по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_i + 2 \cdot t_i}{5}; (4.4)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Продолжительность каждой  $i$ -ой работы  $T_{pi}$  в рабочих днях:

$$T_{pj} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}; (4.5)$$

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

#### 4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для разработки графика проведения научного исследования была использована диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, иллюстрирующий затраченное время на выполнение определенных работ.

Для удобства длительность каждого этапа работ переводят из рабочих дней в календарные по формуле:

$$T_i = T_{Pi} \cdot k_{кал}; (4.6)$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}; (4.7)$$

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

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

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

Календарный план проекта представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10–Календарный план-график проведения НИОКР

Виды работ	Исполнитель	Количество дней	Продолжительность выполнения работ														
			Январь			Февраль			Март			Апрель			Май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выбор направления исследования	Чернова А.П.(научный руководитель) Кельманова К.Е. (студент)	2,2	1	1													
Изучение литературы, Написание литературного обзора	Кельманова К.Е. (студент)	17	1	1	1	1	1	1									
Экспериментальная часть	Кельманова К.Е. (студент)	35	1	1	1	1	1	1									
Результаты и обсуждение	Чернова А.П. (научный руководитель) Кельманова К.Е. (студент)	15										1	1				
Оценки эффективности применения анализа	Кельманова К.Е. (студент)	9													1		
Разработка социальной ответственности	Кельманова К.Е. (студент)	5,6												1			
Обработка данных и оформление ВКР	Кельманова К.Е. (студент)	22												1	1	1	



### 4.3 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 исполнительской системы;
- дополнительная заработная плата исполнительской системы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты вычисляются по формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi} ;(4.8)$$

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

$N_{расх}i$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг., м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$Цi$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг., руб./м., руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

#### 4.3.2 Расчет затрат на оборудование

Таблица 4.15 – Затраты на сырье, материалы и покупные изделия

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	$N_{расх}$	Ц, руб.	$З_m$ , руб.
<b>Текущий проект</b>					
1	Мерные колбы лабораторные стеклянные объёмом:	шт			
	– 50 см <sup>3</sup>		2	180	360
	– 500 см <sup>3</sup>		2	400	800
2	Стаканы лабораторные стеклянные объёмом:	шт.			
	– 50 см <sup>3</sup>		3	40	120
	– 100 см <sup>3</sup>		2	50	100
3	Воронка лабораторная стеклянная с диаметрами:	шт.			
	– 100 мм		2	180	360
4	Бюретка для титрования 25 мл	шт.	1	500	500
5	Трилон - Б	уп.	1	700	700
6	Азотная кислота	кг.	0,1	3700	370
7	Трепел	уп.	1	480	480
8	Ионообменная смола	кг.	0,5	980	980
9	Активированный уголь	уп.	1	380	380

10	Азотный буфер	ампу ла	1	180	180
11	Латексные перчатки	уп.	0,25	501,00	125,25
<b>Итого</b>					<b>5 455,25</b>

Исследование проводилось с помощью оборудования, приобретенного и уже использовавшегося до выполнения работ в рамках ВКР. В таком случае необходимо рассчитать амортизацию оборудования:

$$A = \frac{C_{\text{перв}} * N_a * a}{100 * 12}; (4.9)$$

где A – ежегодная сумма амортизационных отчислений, руб;

$C_{\text{нач}}$  – начальная цена единицы оборудования, руб.;

$N_A$  – норма амортизации, %;  $T_{\text{год}}$  – количество дней в году.

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$N_a = \frac{1}{T} * 100\%; (4.10)$$

где T – срок эксплуатации, лет.

В начальной стоимости оборудования были учтены затраты по доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Затраты на оборудование для проведения научно-исследовательской работы приведены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Затраты на оборудование

Наименование оборудования	Количество, шт	T, лет	$C_{\text{нач}}$ , руб.	A, руб
Дистиллятор	1	10	14026,00	14026,00
Спектрофлуориметр «ФЛЮОРАТ-02- ПАНОРАМА»	1	5	1012680,00	16878,00
<b>Итого:</b>			<b>1026706,00</b>	<b>30904,00</b>

### 4.3.3 Расчет основной заработной платы

Зарплата работников вычисляется

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{осн}} + Z_{\text{осн}} \quad (4.11)$$

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

$Z_{\text{осн}}$  – дополнительная заработная плата одного работника.

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (4.12)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{D}; \quad (4.13)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 рабочих дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (показатель рассчитан с помощью таблицы 4.13).

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- Выходные дни	118	118
- Праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	-
- невыходы по болезни		

Действительный годовой фонд рабочего времени (д)	223	247
--	-----	-----

Месячный должностной оклад работника составляет:

$$Z_M = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p; \quad (4.14)$$

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

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок;

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Категория	$Z_{тс}, \text{руб.}$	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_M, \text{руб.}$	$Z_{дн}, \text{руб.}$	$T_p, \text{раб. дн.}$	$Z_{осн}, \text{руб.}$
Научный руководитель	ППС3	39300	-	-	1,3	51090,0	1009,0	13,8	13924,2
Студент	ППС1	20064	-	-	1,3	23083,2	1046,7	82,2	86038,74

#### 4.3.4 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}; \quad (4.15)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (примем равным 0,14).

Полная заработная плата исполнителей работы с учетом дополнительной представлена в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнитель	$Z_{осн}, \text{руб.}$	$Z_{доп}, \text{руб.}$	$Z_{зп}, \text{руб.}$
-------------	------------------------	------------------------	-----------------------

Научный руководитель	13924,2	1949,4	15873,6
Студент	86038,74	12045,42	98084,16
<b>Итого:</b>	<b>99962,94</b>	<b>13994,82</b>	<b>113957,76</b>

#### 4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления в пенсионный фонд, фонд ОМС и другие внебюджетные фонды рассчитывают по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{осн}} + Z_{\text{к.внеб}} \cdot Z_{\text{зп}}; \quad (4.14)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  - коэффициент отчислений во внебюджетные фонды. В ТПУ

$k_{\text{внеб}} = 30,2\% (0,302)$ .

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	$Z_{\text{зп}}$ , руб.	$Z_{\text{внеб}}$ , руб.
Научный руководитель	15873,6	4793,83
Студент	98084,16	29621,42
<b>Итого:</b>		<b>34415,25</b>

#### 4.3.6 Накладные расходы

Расходы на печать, оплату услуг связи электроэнергии прочие затраты, неучтенные в предыдущих статьях, рассчитываются по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5); \quad (4.15)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы (примем равным 16%).

#### 4.3.7 Формирование бюджета затрат НТИ

По результатам расчетов в пунктах 4.3.1-4.3.5 был произведен расчет бюджета НТИ, представленный в таблице 4.17.

Таблица 4.17–Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты	5 455,25	Пункт 4.3.1
Затраты на оборудование	30904,00	Пункт 4.3.2
Основная заработная плата	99962,94	Пункт 4.3.3
Дополнительная заработная плата	13994,82	Пункт 4.3.4
Отчисления во внебюджетные фонды	34415,25	Пункт 4.3.5
Накладные расходы	29557,16	16% от ст. 1÷5
<b>Бюджет затрат НТИ:</b>	<b>214 289,42</b>	

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования рассчитывается по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i; \quad (4.16)$$

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

$a_i$ –весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$ –бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта, проведенная с помощью интегрального показателя ресурсоэффективности, представлена в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	а	bf	b1
Критерии			
1.Эффективность очистки	0,2	5	3
2.Простота эксплуатации	0,1	4	5
3.Безопасность	0,2	5	5
4.Цена на материалы	0,2	3	5
5.Ресурсоемкость	0,2	5	3
6.Уровень проникновения на рынок	0,1	4	4
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>4,4</b>	<b>4,1</b>

Анализируя эффективности каждого исполнения, можно сделать вывод, что исполнение номер один – с использованием трепела, ионообменной смолы и активированного угля – хоть и не является самым экономически выгодным, однако данное исполнение является наиболее эффективным с точки зрения ресурсосбережения и ресурсоэффективности

Выводы по разделу:

В ходе проведения данной работы был разработан конкурентоспособный научно-исследовательский проект, отвечающий современным требованиям в области ресурсоэффективности, ресурсосбережения и финансового менеджмента.

## ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Объект исследования – сорбционный материал для очистки питьевой воды от ионов кальция и магния.

Цель исследования: создание сорбционного материала для очистки питьевой воды от ионов кальция и магния.

Созданный сорбент подходит для применения на сооружениях или установках водоподготовки, с целью:

- очистки питьевой воды от примесей, способных нанести вред здоровью человека, такие как тяжелые металлы;
- продлить эксплуатационный срок другим сорбционным материалам, применяемым в водоподготовке.

Экспериментальная часть проводилась в лаборатории Томского политехнического университета (г. Томск, Томская область, Россия), которая является коллективным рабочим местом. Для подтверждения эффективности сорбционного материала было необходимо исследовать его сорбционную емкость.

Вследствие этого при выполнении данной работы были использованы вещества, которые являются источниками опасных и вредных факторов для человека, такие как:

- вредные вещества (азотная кислота).

Также для исследования было применено различное оборудование: колбы для титрования, бюретка, воронка для фильтрования, pH - метр, термостат и др.

### 5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

#### 5.1.1 Специальные (характерные для лаборатории) правовые нормы трудового законодательства

Документом, содержащим специальные правовые нормы трудового законодательства, является инструкция по охране труда для лаборанта аналитической лаборатории [20], утвержденная Минтрудом Российской Федерации 17 мая 2004 г. В инструкции содержатся требования охраны труда общие, перед началом работы, во время работы, в аварийных ситуациях и по окончании работы.

Основной чертой является работа с вредными веществами и меры препятствующие повышению их концентрации в воздухе рабочей зоны выше предельно допустимого уровня, указанного в ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ [21].

#### 5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

В лаборатории за многим оборудованием работают стоя. Согласно [22], выполнение трудовых операций за таким оборудованием должно обеспечиваться в пределах зоны легкой досягаемости. Т.к. в лаборатории работают и мужчины, и женщины, то высота рабочей поверхности, за которой необходимо работать стоя, должна составлять 1025 мм при выполнении легкой работы. А вся отображаемая информация должна находиться в зоне зрительного наблюдения на высоте 1365 мм.

### 5.2. Производственная безопасность

#### 5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

Все вредные и опасные факторы, воздействующие на работника лаборатории, можно классифицировать следующим образом [23] на факторы, порождаемые: физическими и химическими свойствами материалов.

Перечень вредных и опасных факторов, возникающий при данных исследованиях в лаборатории, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Возможные вредные и опасные факторы, возникающие в

## лаборатории

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ	Нормативные документы
	Получение сорбента	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
2. Электроопасность	+	ГОСТ 12.1.019 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
3. Повышенный уровень шума	+	ГОСТ 12.1.003 – 83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений
5. Работа с химическими веществами		ГН 2.2.5.3532–18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

### *Отклонение показателей микроклимата*

Несоответствие оптимальным микроклиматическим условиям является вредным фактором. К микроклиматическим параметрам воздушной среды в лаборатории относятся температура, относительная влажность воздуха и тепловое излучение окружающих поверхностей. Регламентируются они СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [24]. Микробиологическая лаборатория относится к категории Па, для которой предусмотрены следующие санитарные нормы:

Таблица 14 – Оптимальные показатели микроклимата в лаборатории [25]

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-21	18-22	60-40	0,2
Теплый	20-22	19-23	60-40	0,2

Несоответствие микроклиматических условий в лаборатории нормам не нанесет вреда здоровью лаборанта, но может привести к ощущению теплового дискомфорта, ухудшению самочувствия и, как следствие, понижению работоспособности.

Для поддержания оптимальных микроклиматических условий лаборатория оснащена системами отопления и вентиляции.

#### *Электроопасность*

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место с ЭВМ в аудитории 223 2 корпуса ТПУ, оборудование оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

По опасности поражения электрическим током помещение 213 2 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%).

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются:

- прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
- прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением;

- ошибочное включение электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала;

- поражение шаговым напряжением и др.

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются:

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

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

- все электрические провода, идущие от распределительных щитов и на

рабочие места, должны быть надежно изолированы и защищены от механических повреждений;

- применение защитных ограждений (временных или стационарных);

- безопасное расположение токоведущих частей;
- использование знаков безопасности;
- применение средств индивидуальной защиты;
- соблюдение мер личной безопасности.

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

#### *Повышенный уровень шума*

В микробиологической лаборатории находится оборудование, являющееся источником шума, к нему относятся: автоклав, ламинарный

шкаф, дистиллятор и сушилка для посуды. Шум оказывает вредное воздействие на человека. Если кратковременный шум может только раздражить, то при длительном воздействии происходит снижение остроты слуха, повышение кровяного давления, снижение внимания и, следовательно, снижению работоспособности.

Предельное значение уровня шума установлено в ГОСТ 12.1.003 – 83 [26]. Для работников лаборатории, выполняющих умственную работу с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, уровень шума – не более 80 дБА.

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

Контроль осуществляется шумером [27] и проводится не реже двух раз в год.

#### *Недостаточная освещенность рабочей зоны*

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

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

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

Освещенность в аудитории 223, 2 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

#### *Работа с вредными веществами*

Контакт с вредными веществами относится к факторам, порождаемым химическими свойствами находящихся в рабочей зоне веществ. За время исследования выполнялись работы с применением азотной кислоты и ионов кальция, магния.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны и их классы опасности [28] представлены в таблице 3. Таблицы 15 – Перечень вредных и опасных веществ, применяемых в исследовании

Вещество	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Характеристика	Класс опасности	Особенности воздействия на организм
Азотная кислота ГОСТ 11125 [ . ГОСТ 11125-84 Кислота азотная особой чистоты. Технические условия. – URL: <a href="http://docs.cntd.ru/document/1200017537">http://docs.cntd.ru/document/1200017537</a> (дата обращения 09.05.2020).]	2	Бесцветная или слегка желтоватая прозрачная жидкость	3	Пары раздражают дых. пути и могут вызвать разрушение зубов, конъюнктивит и поражение роговицы глаза

При работе в лаборатории используются следующие средства индивидуальной защиты:

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

Лаборатория, снабжена приточно-вытяжной вентиляцией и вытяжным шкафом для защиты органов дыхания и слизистой оболочки глаз.

### 5.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Для обеспечения в лаборатории оптимальной температуры воздуха в холодное время года (19-21 °С) необходимо повысить температуру в комнате на 2-3 °С, т.к. зачастую там некомфортно работать. Есть ряд методов утепления лабораторного помещения:

- Специалистам необходимо регулярно проверять радиаторы отопления. Дело в том, что старые чугунные радиаторы, да и стальные конвекторы со временем забиваются ржавчиной и грязью. От этого их теплоотдача существенно снижается.
- Специалистам следует проверять стены на наличие дефектов. При обнаружении щелей и зазоров, их необходимо устранить, например, с помощью монтажной пены. На стене за батареей можно разместить специальный материал, отражающий тепло. Радиатор своей задней поверхностью прежде всего греет стену. Установка экрана поможет отразить направленное на стену тепло в комнату, заметно повысив эффективность работы радиаторов.
- Если ничто не помогает утеплить помещение, стоит задуматься о теплоизоляции стен, пола и потолка.

В качестве дополнительной меры по повышению надежности работы и

обеспечению нормируемого значения сопротивления изоляции рекомендуются шины вторичных токоподводов в местах сжимов дополнительно изолировать изоляционным лаком или лентой, а между компенсаторами разных фаз (разной полярности) закреплять изоляционные прокладки, стойкие в тепловом и механическом отношении.

Из-за высоких потолков в лаборатории, только общего освещения не достаточно. Для проведения работ с высоким зрительным напряжением необходимо использовать местное освещение.

### 5.3 Экологическая безопасность

Рассмотрим воздействие работ, проводимых в лаборатории, на атмосферу, гидросферу и литосферу.

На **атмосферу** влияют вредные вещества, используемые в лаборатории. Они по вентиляционной системе попадают в атмосферу, загрязняя воздух и увеличивая заболевания, как органов дыхания, так и сердечно-сосудистой системы.

Нормированные значения концентраций вредных веществ в воздушном бассейне содержатся в следующих гигиенических нормативах:

- ГН 2.1.6.3492 – 17. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений [29];
- ГН 2.1.6.2309 – 07. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест [30].

Чтобы не допустить превышения установленных нормативов, необходимо следить за герметичностью сосудов, в которых хранятся вредные вещества, а все работы с вредными веществами проводить в вытяжном шкафу с системой фильтрации, при включенной тяге.

На **гидросферу** влияют водотоки, попадающие из лаборатории в

канализационную сеть населенного пункта. Из-за удаления органических и неорганических отходов, данные водотоки могут иметь химические загрязнения, наносящие вред поверхностным и подземным водам.

Нормированные значения концентраций загрязняющих веществ в воздушном бассейне содержатся в следующих документах:

- ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
- ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.

Перед сливом вредных веществ их необходимо очистить, обезвредить, с целью предотвращения негативного воздействия. Неорганические и органические отходы собираются отдельно, далее кислые и щелочные среды обезвреживаются, растворители регенерируются.

#### 5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Причиной чрезвычайной ситуации могут стать как несоблюдение работниками правил безопасности и нахождения в лаборатории, так и внешние антропогенные и неантропогенные влияния. Организационно - правовые нормы в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера содержатся в Федеральном законе от 21 декабря 1994 г. № 68 [31].

Ошибочные действия сотрудников микробиологической лаборатории могут привести к антропогенным чрезвычайным ситуациям. Самыми распространенными антропогенными ЧС являются пожар и взрыв.

Пожар может возникнуть в результате нерегламентированного хранения и транспортирования взрывчатых веществ, легковоспламеняющихся жидкостей, переохлажденных и нагретых жидкостей. В микробиологической лаборатории использование легковоспламеняющихся жидкостей происходит в малых количествах,

поэтому возможный пожар может быть охарактеризован как локальный. Для его ликвидации необходимо воспользоваться огнетушителем, песком или асбестовым одеялом и сообщить руководителю.

Неантропогенные ЧС обусловлены географическим расположением города Томска. Возможными опасными явлениями, приводящими к нарушению нормальной деятельности, гибели людей и разрушению материальных ценностей могут быть пожары, взрывы, разрушения зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураганов. Здание защищаются от прямых ударов молнии молнеприемниками, принимающими разряд на себя, заземлителями, служащими для отвода тока в землю и токопроводами, соединяющими молнеприемники и заземлители. В случае стихийного бедствия (урагана, землетрясения) необходимо отключить воду, электричество и покинуть помещение согласно плану эвакуации.

В связи с нестабильной международной обстановкой, массовыми террористическими актами, нужно предусмотреть возможности начала военных действий и связанных с ними нападений на объекты с использованием средств массового поражения. По сигналу «воздушная тревога» производится отключение воды и электроэнергии в лаборатории, затем организуется эвакуация работающих в лаборатории согласно плану эвакуации. При угрозе нападения по радиотрансляционной сети передают сигналы «Воздушная тревога», «Отбой воздушной тревоги», «Химическая тревога», «Радиационная опасность» и «Биологическая опасность».

Для исключения возможности несчастных случаев должны проводиться обучение и проверка знаний работников о требованиях безопасности труда.

Для предотвращения аварийных ситуаций в микробиологической лаборатории выполняются следующие требования:

- 1) Вход в биотехнологический блок посторонних лиц ограничен. Все сотрудники производят запись в журнале о начале и окончании своей работы.

2) При необходимости нахождения посторонних, они обязательно сопровождаются сотрудниками блока, их присутствие фиксируется записью в журнале;

3) Запрещено использовать материалы и средства личной гигиены, раздражающие кожу;

4) Запрещено пипетировать ртом и переливать жидкий материал через край сосуда;

5) Запрещено употреблять пищу и курить на территории лаборатории;

6) Запрещено сливать жидкие отходы в канализацию без предварительного обеззараживания;

#### Вывод по разделу:

В данном разделе рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работы при выполнении исследования в микробиологической лаборатории. Выявлены вредные и опасные факторы физической, химической и биологической природы, а также разработаны мероприятия по снижению, ликвидации их действия на работников лаборатории. Описано возможное влияние различных факторов на окружающую среду: атмосферу и гидросферу, рассмотрены способы минимизации их воздействия. Также рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации как антропогенной, так и неантропогенной природы и профилактические мероприятия для их предотвращения и ликвидации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования был разработан модифицированный сорбционный материал с использованием трепела, ионообменной смолы и активированного угля для очистки воды от ионов кальция и магния, а так же нитратов, железа. Проведенные эксперименты и анализ результатов позволяют сделать следующие выводы:

1. Сорбционный материал, разработанный на основе трепела, ионообменной смолы и активированного угля, эффективно удаляет ионы железа и нитратов из воды. Начальная жесткость воды была снижена на значительное значение после процесса сорбции. Кислотно-основные свойства соответствуют норме.

2. Комбинация трех сорбентов позволяет достичь более высокой степени очистки воды, по сравнению с использованием отдельных сорбентов.

3. Разработанный сорбционный материал обладает высокой ресурсоэффективностью и способен эффективно очищать воду от различных примесей и растворенных веществ.

В целом, разработанный сорбционный материал представляет собой эффективное и перспективное решение для очистки воды от ионов кальция и магния. Дальнейшее исследование и оптимизация процесса сорбции могут привести к еще более высокой степени очистки и улучшению его эффективности. Это имеет значительное значение для обеспечения доступа к чистой питьевой воде и улучшения качества жизни людей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Быкова В.И., Кобякова Т.И. ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ // Материалы XI Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018012958/>(дата обращения: 02.05.2023).
2. Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России / Р.Н. Белякова [и др.]. – М., 2006. 367 с.
3. Жуков А.И. Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод М.: Стро издат.
4. " ГОСТ 17.1.1.04-80 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования" № 17.1.1.04-80 // Официальный интернет-портал правовой информации. - с изм. и допол. в ред. от 01 октября 2003.
5. "СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества (взамен СанПиН 2.1.4.559-96)" // Официальный интернет-портал правовой информации. - 26 сентября 2001 г. г. - № 24.
6. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации. М: Стройиздат, 1977.-278с.
7. ГОСТ Р 51871-2002. Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения.
8. Г.Н. Красовский. Гигиеническая оценка вредных веществ в воде: учебник для вузов: - М.: АВС, 2006 - 704 с.
9. Тихонов А.В., Кучер М.И., Френкель Е.Э. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: " <https://scienceforum.ru/2017/article/2017038575> " (дата обращения: 02.05.2023 ).

10. Унифицированные методы исследования качества воды. 2-е издание СЭВ. Москва. 1974. -380с.
11. "Методы очистки воды" URL: <https://studentopedia.ru/ekologiya/metodi-ochistki-vodi--osnovnie-tipi-zagryaznenij-i-metodi-ih-udaleniya---sozdanie-nauchnih-osnov.html> (Дата обращения 22.04.2023).
12. У.Г. Дистанов. Справочник Сорбенты природные.
13. Ryatko Y.N., Akhmetova R.T., Khatsrinov A.I., Fakhrutdinova V.K. EFFECT OF ULTRASONIC TREATMENT ON THE PROPERTIES OF TRIPOLI. 2015. Vol. 1. P. 320–324.
14. В.С. Анисимов и др. // ВОДА: ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ №10, октябрь 2009 г. с. 11-16
15. ГОСТ 20298-74 Смолы ионообменные. Катиониты. Технические условия
16. ГОСТ 6217-74. Уголь активный древесный дробленый. Технические условия
17. ГОСТ 31954-2012.ВОДА ПИТЬЕВАЯ. Методы определения жесткости
18. ГОСТ 34774-2021 Вода питьевая. Вода подготовленная (исправленная) для изготовления алкогольной продукции. Определение рН потенциометрическим методом
19. ГОСТ 18826-73 действующий Вода питьевая. Методы определения содержания нитратов
20. "Инструкция по охране труда для лаборанта аналитической лаборатории" (УТВ. МИНТРУДОМ РФ 17.05.2004) – URL: <https://zakonbase.ru/content/part/623774> (дата обращения 05.05.2020)
21. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200233> (дата обращения 06.05.2020).

22. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200005187> (дата обращения 07.05.2020).
23. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения 08.05.2020).
24. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901704046> (дата обращения 08.05.2020)
25. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901704046> (дата обращения 08.05.2020)
26. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200291> (дата обращения 08.05.2020).
27. ГОСТ 17187-81 Шумомеры. Общие технические требования и методы испытаний. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200022046> (дата обращения 08.05.2020).
28. ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/557235236> (дата обращения 09.05.2020).
29. ГОСТ 17.1.3.06-82 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004387> (дата обращения 31.05.2020).
30. ГОСТ 17.1.3.13-86 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003200> (дата обращения 31.05.2019).
31. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного

характера (с изменениями на 23 июня 2016 года). – URL:  
<http://docs.cntd.ru/document/9009935> (дата обращения 31.05.2020).