

Институт неразрушающего контроля  
 Направление подготовки Приборостроение  
 Кафедра физических методов и приборов контроля качества

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Анализ методов и средств контроля качества очистки воды</b>

УДК 628.161.1-047.44

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б3А	Сысоева Наталья Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. ФМПК	Гальцева О.В.	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент каф. МЕН	Грахова Е.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. ЭБЖ	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ФМПК	Суржиков А.П.	д. ф.-м. н.		

## ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	<i>Профессиональные компетенции</i>
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для разработки, производства, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения
P2	Участвовать в технологической подготовке производства, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа
P3	Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества
P4	Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе
P6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции
	<i>Универсальные компетенции</i>
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной

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

Институт неразрушающего контроля  
 Направление подготовки Приборостроение  
 Кафедра физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
 (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
1БЗА	Сысоевой Наталье Владимировне

Тема работы:

<b>Анализ методов и средств контроля качества очистки воды</b>
Утверждена приказом директора (дата, номер)

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе:</b>	
(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)	Объектами исследования являются модельные растворы соли железа (III), в концентрации железа 10 мг /л, а предметом исследования - спектрофотометрическое определение железа сульфосалициловым методом.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования;	Подготовка литературного обзора по методам и средствам контроля качества очистки воды. Проведение исследований по обезжелезиванию воды с применением сорбента СБС-2, с целью контроля качества

<i>обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	очищенной воды спектрофотометрическим методом анализа. Разработка дополнительных разделов: - финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - социальная ответственность. Заключение по работе.
<b>Перечень графического материала:</b>	Презентация в Microsoft Office PowerPoint 2007
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Анализ методов и средств контроля качества очистки воды	Гальцева О. В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Грахова Е.А.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.
<b>Названия разделов:</b>	
Обзор литературы	
Объекты и методы исследований	
Экспериментальное исследование процессов очистки воды	
Социальная ответственность	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	

<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 кафедры физических методов и приборов контроля качества	Гальцева Ольга Валерьевна	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1Б3А	Сысоева Наталья Владимировна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 84 страницы, 13 рисунков, 32 таблицы, 80 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: спектрофотометр, очистка воды, полипропиленовое волокно, качество, методы.

Цель исследований: анализ методов и средств контроля качества очистки воды, проведение исследования по обезжелезиванию воды с применением сорбента СБС-2, с контролем качества очищенной воды спектрофотометрическим методом анализа.

Изучен хроматографический, кондуктометрический, флуориметрический и фотометрический метод анализа. Приведены методы контроля содержания различных веществ в воде.

Проведены эксперименты по определению степени очистки воды в зависимости от плотности упаковки и диаметра волокна сорбента СБС-2, изготовленного из полипропилена марки РР Н030-GR, данный полимер разрешен для применения в пищевой промышленности.

Объектом исследований являлись модельные растворы соли железа (III), в концентрации железа 10 мг /л, а предметом исследования - спектрофотометрическое определение железа сульфосалициловым методом.

Показано, что фильтрующий материал эффективно очищает воду от железа. По результатам анализа концентрация железа после фильтра с полипропиленовым волокном ниже ПДК (0,3 мг/л).

Область применения: металлургические и химические предприятия, предприятия по водоподготовке и очистки воды.

Применение спектрофотометрического метода анализа и спектрофотометра ПЭ-5300ВИ обусловлено надежностью, точностью определения загрязняющих веществ и простотой эксплуатации, позволяет с наименьшей стоимостью проводить анализ по определению концентрации железа в воде.

## Оглавление

Введение	7
1 Обзор литературы	8
1.1 Оценка качества воды	8
1.2 Методы измерения качества очистки воды	10
1.2.1 Хроматографический метод	10
1.2.2 Кондуктометрический метод	15
1.2.3 Флуориметрический метод	18
1.2.4 Спектрофотометрический метод	22
2 Объекты и методы исследований	26
2.1 Методика проведения эксперимента	27
2.1.1 Основные характеристики волокнистых полимерных сорбентов СБС-2	27
2.1.2 Определение содержания железа в воде	28
3 Экспериментальное исследование процессов очистки воды	30
3.1 Приготовление 20% раствора сульфосалициловой кислоты	30
3.2 Приготовление 2Н раствора хлористого аммония	30
3.3 Приготовление раствора аммиака (1:1)	30
3.4 Приготовление модельного раствора соли железа (III)	31
3.5 Методика набивки колонок	33
3.6 Результаты проведенного исследования	34
4 Социальная ответственность	39
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	51
Заключение	72
Список используемых источников	74
Приложение А Методы определения содержания веществ в воде	81
Приложение Б Данные для оценки научно-технического уровня	83

## **Введение**

Вода является необходимой частью существования человека. Вода присутствует на земле в твердом, жидком и газообразном виде. Больше трех четвертых нашей планеты занимает вода, но пригодная для нужд человека лишь два процента из них – это пресные воды суши, такие как реки, ледники, подземные озера и т.д., а доступных человеку и того меньше.

Любое производство сложно представить без воды. От качества используемой воды на каждом этапе производства зависит конечный результат работы. И для того что бы она была не напрасной необходимо производить контроль качества очищенной воды. Это что касается внутреннего оборота воды на производстве, так же речь идет о сохранности экологической обстановки в районе функционирования производства. Загрязненная вода, поступая в водоёмы загрязняет не только его, но и почвы, которые впитывают её в себя, затем из почвы воду впитывают растения, которые передают её по пищевой цепочки и в атмосферу. В атмосферу она попадает также с испарением воды из водоемов, затем из атмосферы вода возвращается в виде осадков. Тем самым цепь замыкается, но все эти перемещения она совершает вместе с компонентами необходимыми для существования живым организмам, а, значит, может переносить и переносит ещё и губительные компоненты для всех сфер Земли. Что приводит к необратимым последствиям, таким как изменение ландшафта, кислотные дожди, смог, появление заболеваний, в том числе онкологических.

С быстрыми темпами урбанизации и не отстающим от неё производством, неуспевающими остаются очистные сооружения. В связи с чем, как говорилось ранее о малом количестве пресной воды, перед человечеством встала новая глобальная проблема дефицита пресной воды. Именно поэтому нужно производить тщательно очистку воды бывшей в употреблении, заботясь о Земле и будущих поколениях.

## **1 Обзор литературы**

Очищенная вода обязательно должна проходить процедуру проверки качества. Это связано с возможными сбоями в работе очистительного сооружения, неправильно подобранным методом очистки, а также позволяет регулировать процесс очистки.

Необходимость проводить контроль качества очистки воды привёл к появлению большого разнообразия методов этого контроля. В зависимости от типа воды различают контролируемые параметры, также они зависят от источника загрязнения. В данной работе рассматриваются сточные воды промышленных производств. Результат контроля – это выявление компонентов, их концентрации и сравнение с нормативами СанПиН.

К сожалению, не существует универсального метода контроля очистки воды, который бы выявлял все необходимые параметры. Поэтому для контроля различных примесей воды подбирают подходящий метод. В современном мире в большинстве своем методы автоматизированы, что исключает ошибки в контроле вносимой человеком, значительно сокращает время на проведения контроля и увеличивает точность метода.

Все методы основаны на физических и химических закономерностях. Далее приведены некоторые методы измерения качества очистки воды.

### **1.1 Оценка качества воды**

К числу важных факторов охраны здоровья населения относится обеспечение доброкачественной питьевой водой, так как полноценное и безопасное водопользование населения является общепризнанным фактором здоровья и важного условия благоустройства населенных мест.

В связи с этим пренебрежение к соблюдению требований по доведению качества потребляемой населением воды на хозяйственно-питьевые и



производственные нужды создает угрозу воздействия на население токсических веществ и приводит к увеличению количества заболеваний, связанных с употреблением некачественной воды. Также негативно сказывается на здоровье человека и в целом экологическую обстановку несовершенная водоподготовка производственных сточных вод. Это связано в первую очередь с финансовыми затратами, которые необходимо постоянно вкладывать на функционирование водоочистного сооружения.

Действующие системы водоснабжения и водоотведение предприятий находятся в неудовлетворительном состоянии по причине отсутствия полноценного очистного комплекса для очистки воды и, как следствие, выбросом воды, не отвечающей установленным требованиям. По этой причине, а также из-за природного состава подземных вод в структуре нестандартных проб по санитарно-химическим показателям преобладает железо (30,6%) и марганец (21,7%), относящихся к воде палеогеновых и палеозойских водоносных горизонтов.

Высокий процент нестандартных проб по содержанию аммиака (7,6%), жесткости (12,7%), запаху (22,6%) и другим органолептическим показателям связано с водами неоген-четвертичных отложений.

Для вод палеогеновых и палеозойских отложений характерны повышенные содержания ионов железа до 3-20 ПДК, марганца 2-6 ПДК, величин окисляемости в 1,1-1,5 раза превышающий гигиенический норматив (за счет насыщения водовмещающих пород лигнином и гуминовыми соединениями). Содержание нефтепродуктов, фенолов, меди, цинка, брома, свинца обнаруживается ниже ПДК. В северных и южных районах области, приуроченных к угледобыче, отмечается превышение норм по содержанию нефтепродуктов в 1,1-1,3 раза, фенолов в 2-8 и более раз, а также присутствие водорастворенных газов (сероводород, метан).

## **1.2 Методы измерения качества очистки воды**

Для достижения допустимых значений вредных веществ в сточных водах, перед выпуском их в открытые водоемы, вода проходит несколько степеней очистки. На каждом из этих этапов производится контроль качества степени очистки воды, с применением методов, рассмотренных ниже [1]. В приложении А представлены методы определения содержания некоторых веществ в воде.

### **1.2.1 Хроматографический метод**

Одним из методов очистки воды является хроматография, получившая обширное использование в исследовательской практике благодаря русскому ученому М. С. Цвету в 1903 г. Он разделил хлорофилл на пигментированные составные части. Михаил Семенович Цвет экстракт хлорофилла пропустил через колонку, в которой находился порошок мела, и промывал петролейным эфиром. Таким образом, ученым было получено несколько окрашенных зон, которым присвоил название хроматограмма, а методу хроматография. Спустя 35 лет Н.А. Измайловым и М.С. Шрайбером был придуман новый вид данного метода, названного тонкослойным. Ученые разделили алколоиды, нанося на стекло оксид алюминия, на котором были выделены алкалоиды из лекарственных растений [2].

Нобелевские лауреаты, получившие свою премию за работу по созданию распределительной хроматографии А. Мартин и Р. Синг, послужили началом для стремительного развития многих методов данного анализа. Спустя 11 лет после первого заявления о разработках метода распределительной хроматографии в 1952 г. они были удостоены Нобелевской премии, и в этом же году были разработаны методы колоночной и капиллярной газожидкостной хроматографии. Тематика вышеуказанных работ оказалась объектом всестороннего исследования, целью которого стало совершенствование метода газовой хроматографии [3].

За малый срок были улучшены системы строения ввода проб, разработаны чувствительные детекторы. Раньше всех приборное оснащение получил газовый метод из хроматографических методов. На седьмом десятке XX века набирает обороты продвижение жидкостного метода хроматографии. В наше время существует созданная теория процесса и изобилие методов хроматографии.

Хроматографический метод является физико-химическим разделением и анализом смесей жидкостей, паров, газов или растворенных веществ поглощающими методами в изменяющихся условиях. Основа метода лежит в использование двух несмешивающихся фаз, одна из которых подвижная, при движении которой вдоль другой, неподвижной фазы, происходит разделение веществ между этими фазами, при этом составляющие смеси поглощаются неподвижной фазой [4]. Сорбция разных компонентов происходит в зависимости от схожести с материалом неподвижной фазы. Исходя из этого, неподвижную фазу называют сорбентом или носителем, которое представляет собой твердое вещество. Сорбент заполняется молекулами, однако эти молекулы могут перейти в подвижную фазу, это может быть жидкость или газ, и продвигаться с ней, потом вторично сорбироваться.

Соответственно, процедура многократного повторения десорбции и сорбции веществ при движении его в потоке подвижной фазы по неподвижному сорбенту является хроматографическим процессом [5]. Данный процесс сочетает в себе два подхода термодинамический и кинетический. Первый, термодинамический, обосновывается отличающимся сродством к сорбенту разных компонентов смеси, в результате чего происходит их разделение при движении смеси вдоль сорбента, т.е. одни элементы вещества продвигаются дальше других, которые задерживаются в начале пути. Второй, кинетический, объясняется также сродством компонентов смеси к неподвижной фазе, чем оно меньше, тем быстрее его продвижение вместе с подвижной фазой, т.е. компонент слабее сорбируется и меньше задерживается на носителе.

Существует большое разнообразие методов хроматографии, представленные в таблице 1, отличающиеся физическим состоянием вещества (жидкости, газа или твердой фазы), механизмом разделения и технике выполнения [6]. Также режим ввода пробы дополняет разновидности хроматографического анализа, такие как вытеснительная, элюентная и фронтальная хроматография.

Таблица 1 – Классификация хроматографических методов

Вид хроматографии	Подвижная фаза	Неподвижная фаза	Форма	Механизм разделения
Газовая:				
Газоадсорбционная	газ	твердая	Колонка	Адсорбционный
Газожидкостная	газ	жидкость	Колонка	Распределительный
Жидкостная:				
Твердожидкостная	жидкость	твердая	Колонка	Адсорбционный
Жидкость-жидкостная	жидкость	жидкость	Колонка	Распределительный
Ионообменная	жидкость	твердая	Колонка	Ионный обмен
Тонкослойная (т/ж)	жидкость	твердая	тонкий слой	Адсорбционный
Тонкослойная (ж/ж)	жидкость	жидкость	тонкий слой	Распределительный
Бумажная	жидкость	жидкость	лист бумаги	Распределительный
Гельпроникающая (молекулярно-ситовая)	жидкость	жидкость	Колонка	По размерам молекул

Хроматография универсальна и применима к различным объектам исследования, как растительного, так и животного происхождения. Также данный метод нашел применение для анализа биологических жидкостей, лекарственных препаратов, нефти, и др. Отличие хроматографического метода анализа представляет собой низкий предел обнаружения и высокую избирательностью. Повышение эффективности метода может быть достигнуто за счет его сочетания с другими методами контроля качества и за счет автоматизации процессов проведения анализа, таких как разделение обнаружение и количественная оценка.

Метод хроматографического анализа представляет собой сорбцию и десорбцию вещества, которые повторяются множество раз, при этом вещество перемещается по неподвижному сорбенту в потоке подвижной фазы. На рисунке 1 приведена принципиальная схема газового хроматографа [7]. Схема отражает

в себе три основных этапа анализа: стабилизацию и очистку газовых потоков, дозировку и введение пробы, а также систему детектирования. Первый включает в себя баллон, содержащий газ-носитель и блок подготовки газов, который в свою очередь состоит из дросселя, и кроме того регуляторов давления и потока. Второй содержит в себе дозирующее приспособление, это может быть микрошприц или же дозирующая петля (для большей точности возможно использование дозирования давлением, устройства для ввода твердых проб и герметичные пробоотборные колонки); испаритель, в него попадает проба через резиновую мембрану; колонка, помещенная в термостат, также как испаритель и детектор. Третий вмещает в себя детектор с блоком питания, усилитель сигнала детектора и регистрирующее устройство; при необходимости здесь же может быть размещен электронный интегратор для измерения параметров хроматографических пиков.

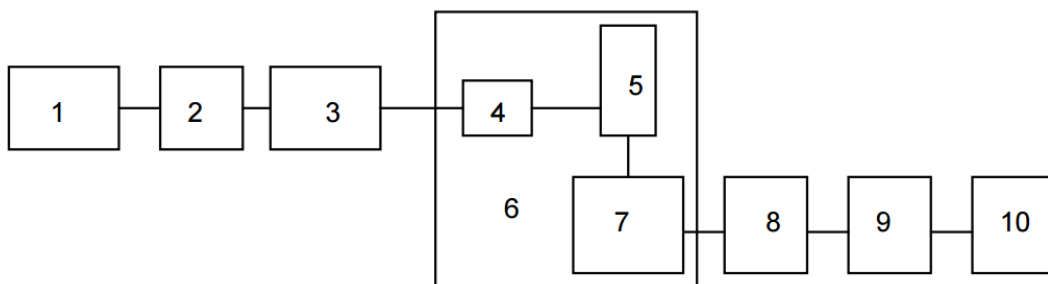


Рисунок 1 – Принципиальная схема газового хроматографа, где 1 - газ-носитель в баллоне; 2 - блок подготовки газов (дроссель, регулятор давления, регулятор потока); 3 - медицинский или микрошприц, или дозирующая петля; 4 - испаритель; 5 - колонка; 6 - термостат; 7 - детектор; 8 - блок питания; 9 - усилитель сигнала детектора; 10 - регистрирующее устройство.

Методика основывается на том, что компоненты смеси обладают различной сорбируемостью. Анализ осуществляется следующим образом: с помощью насоса подается подвижная фаза через колонку, также в разделительную колонку вводится проба. Хроматографическая колонка, изображенная на рисунке 2, представляет собой фильтры на концах корпуса

колонки, которые удерживают сорбент в колонки и тем самым делают эту фазу неподвижной [8].

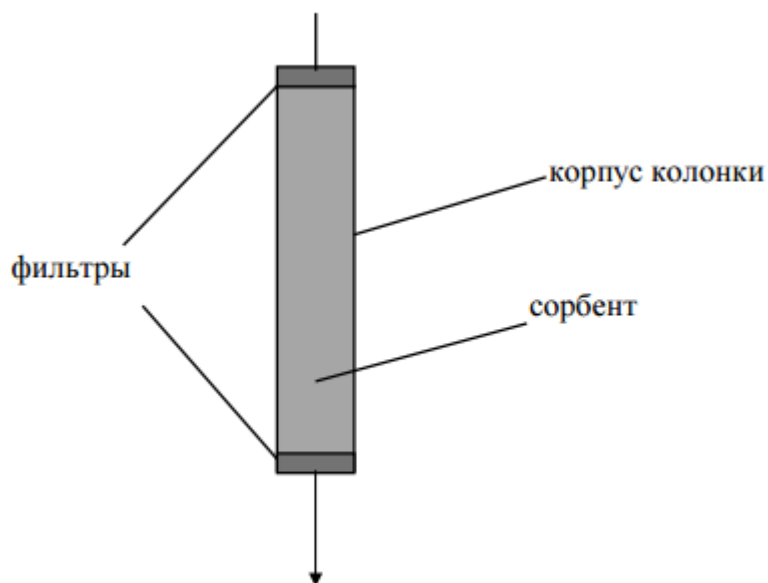


Рисунок 2 – Хроматографическая колонка

В этой колонки происходит удерживание, т.е. замедленное движение молекул относительно движения подвижной фазы. Из-за различия констант сорбции, составляющих пробы средняя скорость движения вдоль колонки также различна. Вследствие чего различные молекулы выходят из колонки в разное время, тем самым образуется разделение.

Затем детектор получает аналитический сигнал, пропорциональный концентрации компонента, а система обработки преобразует этот сигнал для удобного восприятия человеком или дальнейшей автоматической обработки [8].

На рисунке 3 представлен общий вид газового хроматографа.



Рисунок 3 – Газовый хроматограф Agilent 7890A, США

### 1.2.2 Кондуктометрический метод

Следующий метод, используемый для контроля качества очистки вод кондуктометрический метод основателем, которого считается немецкий физик Кольрауш. Он в 1869 году для измерения электропроводности электролитов создал теоретическое обоснование и ряд методов, одним из которых стал кондуктометрический метод, шестнадцатью годами позже им же было выведено уравнение описывающее зависимость электропроводности сильных электролитов от концентрации. Спустя четверть века Дютуа первым осуществил на практике кондуктометрическое титрование для количественного анализа. Электропроводность растворов объясняется распадом химических соединений на отдельные элементы растворенного вещества и перемещении образующихся ионов под действием наружного источника напряжения [9].

В электрическом поле движению ионов препятствуют молекулы растворителя и катионы. Эти тормозящие действия с их сторон получили название релаксационного и электрофоретического эффекта соответственно.

Результатом этих торможений становится сопротивление прохождения электрического тока в растворе [10]. Данная величина – электропроводность, которая обратна сопротивлению.

Связь между электропроводностью и концентрацией определяется уравнением:

$$W = \frac{K \cdot S \cdot c \cdot U}{L}, \quad (1.1)$$

где  $K$  – коэффициент пропорциональности;

$S$  – площадь электродов;

$c$  – концентрация ионов;

$U$  – подвижность ионов;

$L$  – расстояние между электродами.

Для каждой пары электродов площадь и расстояние между ними постоянно, значит  $S = \text{const}$  и  $L = \text{const}$  и выражение упрощается:

$$W = K \cdot c \cdot U, \quad (1.2)$$

Удельная электропроводность так же, как и электропроводность, величина обратная удельному сопротивлению. Эта величина связана с эквивалентной электропроводностью:

$$\lambda = \chi \cdot \frac{1000}{C} = \chi \cdot V, \quad (1.3)$$

где  $\chi$  – удельная электропроводность, См/м;

$C$  – концентрация электролита, г·экв/л;

$V$  – объем, см<sup>3</sup>.

Зависимость между удельной электропроводности и эквивалентной электропроводности выражается уравнением:

$$n = \chi \cdot \frac{1000}{\lambda}, \quad (1.4)$$

где  $n$  – нормальная концентрация.

Исходя из этого в кондуктометрическом анализе электропроводность представляет собой аналитический сигнал.



Разделяют два способа анализа прямую кондуктометрию и кондуктометрическое титрование [11].

Метод оценки качества воды основан на измерении электропроводности жидких электролитов, при этом их концентрация пропорциональна электропроводности.

Существуют несколько вариаций кондуктометрического метода измерения, однако наиболее часто встречающимися являются контактный низкочастотный и бесконтактный высокочастотный методы [12].

На рисунке 4 представлена схема кондуктометра на его примере и рассмотрим, как реализуется данный метод [13]. Этот прибор работает на одном из распространенных методов, а именно контактный низкочастотный метод с использованием четырехэлектродной кондуктометрической ячейки, которая входит в состав комбинированного датчика удельной электропроводимости (УЭП), и выполняет роль первичного преобразователя УЭП.

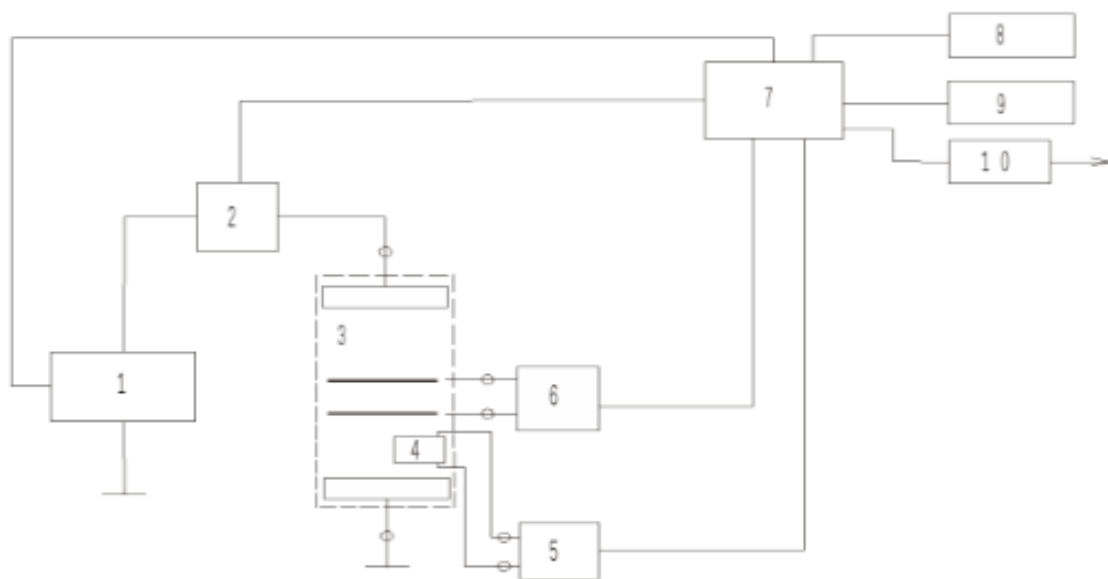


Рисунок 4 – Структурная схема кондуктометра, где 1 - генератор напряжения; 2 - измеритель тока; 3 - комбинированный датчик УЭП; 4 - первичный преобразователь температуры; 5 - измеритель температуры; 6 - измеритель напряжения; 7 - микропроцессор; 8 - индикатор; 9 - органы управления работой; 10 - интерфейс.

Данный прибор состоит из основных двух частей измерительного блока и датчика УЭП. В контролируемый раствор погружается датчик или он сам заполняется контролируемым раствором.

Для расчета УЭП прибор подает переменное напряжение на токовые электроды ячейки, ток проходит через всю систему, а также учитывается постоянная ячейки. Затем кондуктометр измеряет амплитуду напряжения на двух потенциальных электродах [14].

Температура растворов получается при постоянном токе на основе зависимости сопротивления термочувствительного элемента от температуры. Сам термочувствительный элемент находится в датчике УЭП [15].

На рисунке 5 представлен ручной кондуктометр.



Рисунок 5 – Кондуктометр Milwaukee CD601, США

Далее рассмотрим оптические методы анализа очистки вод.

### 1.2.3 Флуориметрический метод

Во все времена внимание людей привлекало свечение моря, гнилой древесины, а также светлячков. Эти необъяснимые явления на тот момент с подвигло людей вести наблюдения и исследования в данном направлении. Так первые упоминания о люминесценции относятся к началу XVII века, когда

Винченцо Каскариоло синтезировал Болонский фосфор. Затем качественные наблюдения за различными минералами продолжились алхимиками и выводились новые рецепты фосфоров [16].

Непосредственным исследованием явления люминесценции первым занялся российский ученый В.В. Петров. Академик подошел к данному вопросу со стороны химического исследования биологической ткани светящихся гниющего мяса, рыбы и др. В результате ему удалось отделить друг от друга хемилюминесценцию и фотолюминесценцию [17].

После открытия инфракрасных лучей Уильямом Гершелем в 1800 году, возникла мысль, что к фиолетовой части спектра прилегает область невидимых лучей, которые обособили и дали название ультрафиолетовыми. Спустя два года тот же Петров разработал мощный источник ультрафиолетового излучения в виде дуговой лампы. В конце этого века возникают первые научные труды по использованию люминесцентного анализа в отношении биологических объектов [18].

Данный метод является методом фотометрического анализа, основанного на измерении интенсивности вторичного излучения, которое возникает при взаимодействии определяемого вещества с лучистой энергией. Квант света возбуждения поглощается молекулой исследуемого вещества, переходя в состояние с большей энергией. Молекула излучает избыточную энергию флуоресценции спустя короткое время в качестве кванта света.

Принцип действия прибора базируется на явлении оптической флуоресценции, то есть в момент воздействия светом вещество возбуждается и в результате этого воздействия светиться [19].

На рисунке 6, где ФЭУ это фотоэлектронный умножитель проиллюстрирован этот процесс [20]. Из источника света выходит поток излучения, который проходит через первичный светофильтр, собирающую линзу и попадает в кюветку, где находится измеряемый раствор. Этот раствор флуоресцирует из-за воздействия возбуждающего излучения. Следует отметить, что концентрация исследуемого вещества связана с интенсивностью

флуоресценции. Затем поток излучения флуоресценции от кюветы через коллиматор, зеркало и вторичный светофильтр падает на фотоэлемент. В конечном итоге энергию флуоресценции этот элемент преобразует в электрический сигнал, который подается на вход усилителя. Выходной сигнал усилителя поступает на аналого-цифровой преобразователь и с его выхода поступает результат измерения в цифровом виде, как конечный результат или проходит дальнейшую обработку.

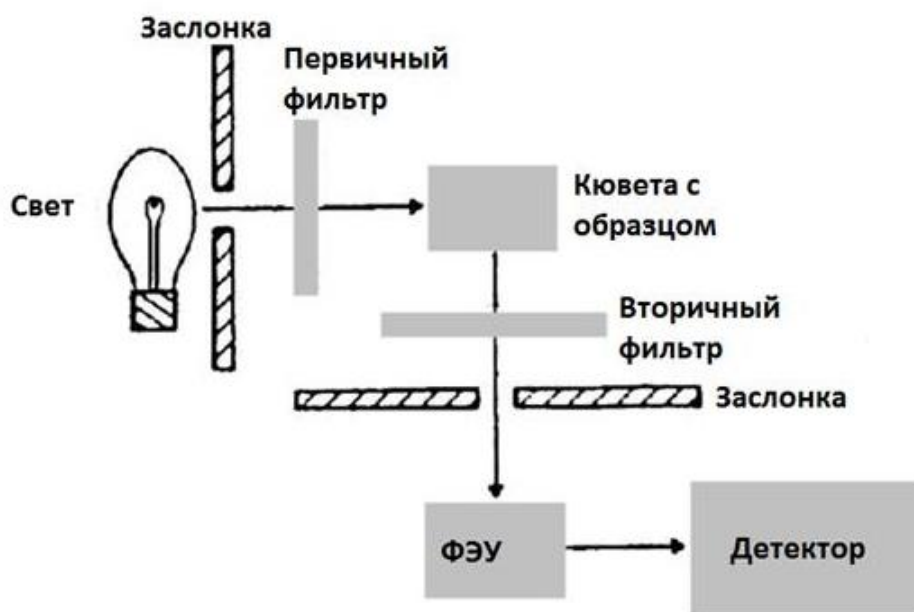


Рисунок 6 – Блок-схема флуорометра

Принцип действия этих детекторов заключается в умножении электронов, выпущенных фотокатодом под действием потока фотонов.

На рисунке 7 показано как на ФЭУ поступает свет. Испутившиеся электроны с поверхности фотокатода, являющейся фоточувствительной поверхностью стеклянного или кварцевого окна, множатся в специальных электродах (известных как диоды). В конце диодной цепочки расположен анод или собирательный электрод. Чаще всего фототок, генерируемый фотокатодом пропорционален току идущему через анод [21].

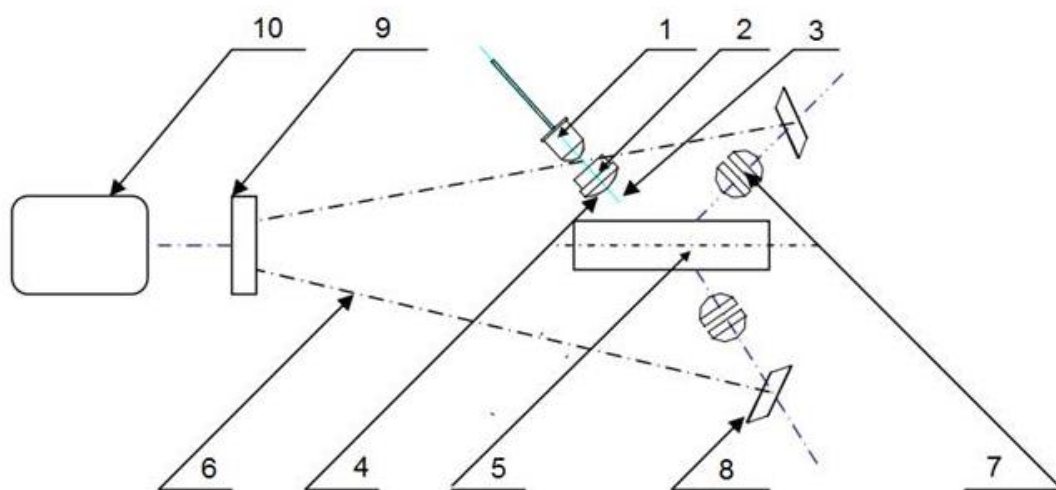


Рисунок 7 – Оптическая схема флуорометра, где 1 - источник света; 2 - УФС светофильтр; 3 - собирающая линза; 4 - излучающий световой поток; 5 - кювета; 6 - эмиссионный поток и рассеянный на кювете свет от источника; 7 - коллиматора; 8 - селективное зеркало; 9 - светофильтр; 10 - фотоэлектронный умножитель (ФЭУ).

Фотоэлектроны извлекаются из передней части фотокатода и направляются к диодам.

Электроны, эмитированные с фотокатода, ускоряются, проходя диодной цепочкой, которая может состоять из 14 элементов. Часто используются фокусирующие электроды, которые направляют все фотоэлектроны, эмитированные с фотокатода, на первый диод. Когда фотоэлектрон ударяется в первый диод, он провоцирует эмиссию дополнительного электрона, и они ускоряются до следующего диода, и т.д. Структура и геометрия поверхности диодов определяют, могут ли они использоваться в фотоэлектронных умножителях. Поскольку умножение зависит от напряжения между диодами и общим количеством диодов, то электронное умножение в 10 миллионов может быть достигнуто при использовании 12-14 диодных уровней [22].

Конфокальные микроскопы, спектрофотометры и многие последние камеры используют фотоумножители для измерения интенсивности света. Спектральная чувствительность фотоэлектронных умножителей зависит от химического состава фотокатода: лучшие модели содержат элементы GaAs

(арсенид галлия), которые чувствительны в диапазоне от 300 до 800 нм. Фотокатоды ФЭУ не всегда одинаково чувствительны и часто фотоны растягиваются по всему входному окну, вместо сконцентрированного пучка. Фотоэлектронные умножители не соблюдают заряда и отвечают на изменения входных световых потоков в течении нескольких наносекунд. Благодаря этому, ФЭУ могут быть использованы для обнаружения и записи очень кратковременных событий. Характерной особенностью фотоэлектронных умножителей, используемых в научных целях, это соотношение сигнал-шум при умножении более одного миллиона. Это связано с тем, что темновой шум ничтожно мал (может достигаться благодаря охлаждению) [23].

Ниже на рисунке 8 приведен внешний вид флуориметра.



Рисунок 8 – Флуориметр Флюорат-02-Панорама, Россия

#### 1.2.4 Спектрофотометрический метод

Спектрофотометрический метод анализа основан на измерениях в оптической области спектров поглощения электромагнитного излучения. Через пробу пропускают свет с определённой длиной волны и данный метод определяет в какой степени он его пропускает.

В начале 19 века на глаз определяли интенсивность окраски раствора и сравнивая его с линейкой эталонных растворов, имеющих разную концентрацию производили анализ данного раствора [24]. Чуть позднее была заложена основа спектрофотометрического метода, путем установки закономерностей, которые

связывали концентрацию окрашенных веществ со светопоглощением. Для количественного измерения данной характеристики были разработаны приборы.

Так в 20 веке стали определять и концентрацию растворов, не имеющих окраса, их поглощение измеряли в ультрафиолетовой или в инфракрасной области. Для развития молекулярно-абсорбционной спектроскопии многое сделали ученые разных стран Франции, Германии и США, П.Бугер, К.Фирордт и У.Кобленц [25].

Затем расти и развиваться в разных направлениях стали два метода имеющих одну и ту же теоретическую базу, но различающиеся по используемой для измерения аналитического сигнала области спектра и соответственно имеющих различающиеся возможности. Один из этих методов спектрофотометрический работающий в ультрафиолетовой и видимой области.

Оптическая схема спектрофотометра представлена на рисунке 9 [26].

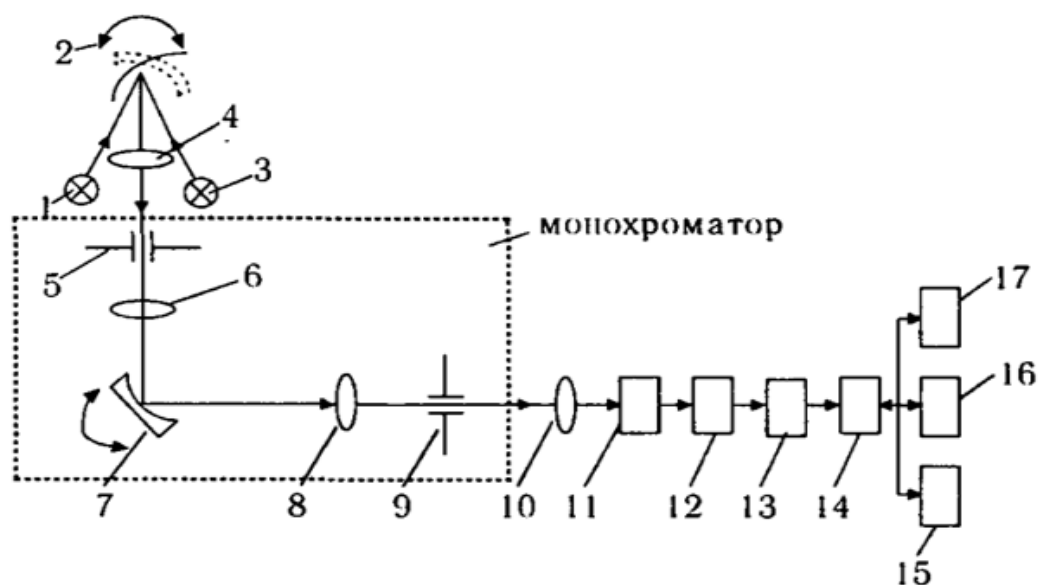


Рисунок 9 – Обобщенная структурная схема спектрофотометра, где 1 - источник световой энергии (видимая область); 2 - поворотный отражатель; 3 - источник световой энергии (ультрафиолетовая область); 4 - оптическая система, направляющая поток энергии на входную щель; 5 - входная щель; 6 - оптическая система, формирующая параллельный поток световой энергии; 7 - диспергирующий элемент; 8 - оптическая система, направляющая поток энергии на выходную щель; 9 - выходная щель; 10 - оптическая система,

формирующая поток энергии, проходящий через кювету; 11 - кювета; 12 - фотоприемник; 13 - АЦП; 14 - микро-ЭВМ; 15 – индикатор; 16 – пульт оператора; 17 – интерфейс связи с внешней ЭВМ и регистрирующим устройством.

При помощи поворотного отражателя поток световой энергии от источника 1 или 3 направляется на входную щель монохроматора 5, попускаясь сквозь оптическую систему 4. Монохроматический поток световой энергии проходит через щель 9 от выхода монохроматора с заданной длиной волны с помощью регулирования угла падения на диспергирующий элемент 7 полихроматического потока световой энергии по отношению к плоскости этого элемента. Постоянная геометрия потока при минимально допустимом объеме и многократной установки кюветы 11 достигается за счет оптической системы 10, формирующей световой поток.

С помощью фотоприемника 12 световая энергия преобразуется в электрическую. АЦП 13 преобразует в цифровой вид аналоговый сигнал в виде тока. Цифровой сигнал пришедший с преобразователя микро-ЭВМ 14 переводит в единицы измеряемых параметров.

В памяти ЭВМ хранятся калибровочные коэффициенты, полученные в результате калибровки прибора. С пульта оператора 16 вводятся необходимые данные по калибровочным растворам для градуировки прибора. Результаты измерения отражаются на цифровом индикаторе 15, интерфейс 17 для регистрации и связи с внешней ЭВМ.

Принцип действия фотометра основан на сравнении светового потока  $\Phi_0$ , прошедшего через раствор сравнения и светового потока  $\Phi$ , прошедшего через исследуемую среду [27]. Под раствором сравнения понимается контрольный раствор по отношению, к которому производится измерение.

Световые потоки  $\Phi_0$  и  $\Phi$  преобразуются фотоприемником в электрические сигналы  $I_0$  и  $I$ . Также измеряется  $I_t$  – сигнал от неосвещенного приемника. По величинам этих сигналов микропроцессором спектрофотометра



рассчитывается и отображается на дисплее результат измерения в виде коэффициента пропускания, оптической плотности или концентрации в зависимости от выбранного режима измерения [28].

На рисунке 10 представлен внешний вид спектрофотометра.



Рисунок 10 – Спектрофотометр ПЭ-5300В, Россия

Все эти методы реализованы в современных приборах, имеющих автоматический учет результатов, который позволяет при интерпретации данных исключить субъективные ошибки.

Для примера, стоимость спектрофотометра для определения концентрации железа в воде, в зависимости от комплектации, марки ПЭ-5300В начинается от 60 000 рублей, а стоимость атомно-абсорбционного спектрофотометра АА-7000 фирмы Шимадзу начинается от 4 500 000 рублей.

Таким образом, применение спектрофотометрического метода анализа и спектрофотометра ПЭ-5300В, получившего широкое распространение в лабораториях промышленных предприятий, научно-исследовательских институтов и учебных заведений из-за надежности, точности определения загрязняющих веществ, простоты в эксплуатации, позволяет с наименьшей стоимостью (по сравнению с другими типами спектрофотометров) проводить анализ по определению концентрации железа в воде.

## 2 Объекты и методы исследований

В процессе работы использовались приборы и оборудование:

1. СПЕКТРОФОТОМЕТР ПЭ-5300ВИ с длиной волны ( $\lambda=400-510$  нм);
2. Волокнистый полимерный сорбент СБС-2 по ТУ 2270-001-46632946-2011;
3. Электронасос «Скалярный» марки ТУ-539630, производительностью 20 л/час;
4. Компрессор марки УК-1М ТУ-235-80 производительностью 40 л/час;
5. Плитка электрическая;
6. Весы аналитические лабораторные класс точности 1,2 по ГОСТ 24104;
7. Колбы мерные 2 класса. Вместимостью 50, 100, 1000 см по ГОСТ 1770;
8. Пипетки мерные с ценой наименьшего деления 0,1-0,05 см, вместимостью 1, 5, 10 см, 2 класса по нормативно-техническому документу;
9. Цилиндры мерные, вместимостью 25, 50, 100, 1000 см 2 класса по нормативно-техническому документу.

В ходе выполнения исследовательской работы в качестве объекта исследования применялись:

1. Волокнистый полимерный сорбент СБС-2 по ТУ 2270-001-46632946-2011 со средними диаметрами равными 16,2 и 50,6 мкм. Представляют собой волокнистый ватоподобный материал, имеющий светло - серый цвет;
2. Сульфат железа (III), кристаллогидрат  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ;
4. Хлористоводородная (соляная) кислота концентрированная HCl по ГОСТ 3118;
5. Аммиак водный (25% раствор),  $\text{NH}_3$  по ГОСТ 3760, ч;
6. Аммоний хлористый  $\text{NH}_4\text{Cl}$  по ГОСТ 3773, ч;
7. Сульфосалициловая кислота двухводная  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_6 \cdot \text{S} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  по ГОСТ 4478-78, ч.

## 2.1 Методика проведения эксперимента

### 2.1.1 Основные характеристики волокнистых полимерных сорбентов СБС-2

Волокнистый полимерный сорбент СБС-2 выпускается в соответствии с требованиями ТУ 2270-001-46632946-2011 и производится по технологическому регламенту (или технологической карте), утвержденному в установленном порядке.

Основные параметры сорбента СБС-2 приведены в Таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики волокнистых полимерных сорбентов СБС-2

Наименование параметра волокна	Значение показателя
Диаметр волокна СБС-2	16,2 мкм
Диаметр волокна СБС-2 (№4)	50,6 мкм
1. $\rho$ - плотность волокна, г/см <sup>3</sup>	0,9
2. Температура плавления, °С	174
3. Пороки внешнего вида (склейки, капли, роговидные волокна) не более % мас.	10
4. Номинальная длина волокна не менее, мм	10

Волокнистый полимерный сорбент СБС-2 по ТУ 2270-001-46632946-2011 обладает высокой устойчивостью к минеральным и органическим кислотам, щелочам и имеют верхнюю рабочую температуру 93 - 110 °С. Верхняя рабочая температура этих волокон составляет 130 – 150 °С.

Волокнистый сорбент гидрофобен. Следовательно, такое волокно будет с трудом взаимодействовать с полярными сорбентами. С одной стороны, это будет затруднять очистку по механизму прилипаемости, а с другой стороны, это свойство будет облегчать промывку фильтровального материала.

При загрязнении фильтра - потери скорости фильтрации, или потери напора в фильтре 0,15 МПа, необходимо провести регенерацию фильтра.

Для восстановления фильтрующей способности не требуются химических реагентов, необходима только промывка.

При этом полная отмывка волокна от гидроксида железа не обязательна, так как осажденный на поверхности волокна гидроксид железа, как выше было отмечено, является катализатором процесса извлечения Fe и Mn из воды в объем волокнистого сорбента.

### **2.1.2 Определение содержания железа в воде**

Метод определения железа основан на взаимодействии ионов железа в щелочной среде с сульфосалициловой кислотой, с образованием окрашенного в желтый цвет комплексного соединения [51]. Интенсивность окраски пропорциональна содержанию железа. Предел обнаружения 0,1 мг/л. Диапазон измерения концентраций железа без разбавления пробы 0,1 – 2,0 мг/л.

Через стеклянную колонку, заполненную волокном с требуемой плотностью набивки, пропустить раствор сульфата железа. Полученные пробы анализировать на содержание в них железа.

Для построения калибровочного графика приготовить раствор сульфата железа  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  в небольшом количестве дистиллированной воды в мерной колбе вместимостью 500 мл. После растворения добавить 3 мл соляной кислоты плотностью 1,19 г/см<sup>3</sup> и объем довести до метки дистиллированной водой.

Приготовить раствор с концентрацией железа 10 мг/л.

Из тщательно перемешанной пробы отобрать 25 мл (или меньший объем), довести 10 % аммиаком pH до 6-8, контролируя по универсальной индикаторной бумаге, приливать 1 мл 2 н. хлорида аммония, 1мл 20 % сульфосалициловой кислоты, 1 мл 10 % аммиака. После каждого реактива раствор перемешивать, объем доводить до метки дистиллированной водой, вновь перемешивать и через 15 мин фотометрировать при светофильтре ( $\lambda = 400 - 430 \text{ нм}$ ) в кюветах с толщиной оптического слоя 2-5 см по отношению к дистиллированной воде,

обработанной так же, как проба. Проба объёмом 50 мл выпаривается, затем прилить 1 мл 2 н. хлорида аммония, 1 мл 20 % сульфосалициловой кислоты, 1 мл 10 % аммиака. После каждого реактива раствор перемешивать, объем доводить до метки дистиллированной водой.

Аналогично сделать несколько одинаковых разведений.

Выбирать среднее значение. Данные занести в таблицу.

Содержание железа (мг) находят по калибровочному графику или визуально по интенсивности окраски пробы и шкалы стандартных растворов. Калибровочный график строят в координатах оптическая плотность - содержание железа (мкг). Концентрацию железа  $X$  (мг/л) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{A}{V}, \quad (2.1)$$

где  $A$  – содержание железа, найденное по калибровочному графику или визуально по шкале стандартных растворов, мкг;

$V$  – объем пробы, взятой для анализа, мл.

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Б3А	Сысоевой Наталье Владимировне

Институт	ИНК	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	При проведении исследования используется лаборатория научно-внедренческого предприятия "Эчтех", г. Томск. В исследовании задействованы 3 человека: дипломник, эксперт и научный руководитель.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность». Минимальный размер оплаты труда на 2017 год составляет 7500 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам - 30% от ФОТ.

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Технико-экономическое обоснование НИР. Определение потенциальных потребителей результатов исследования. Анализ конкурентных технических решений. QuaD-анализ. SWOT-анализ.
2. Планирование научных исследовательских работ	Структура работ в рамках научного исследования. Определение трудоемкости выполнения работ. Разработка графика проведения научного исследования.
3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	Расчет материальных затрат НТИ. Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления). Накладные расходы. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка научно-технического уровня НИР

## Перечень графического материала

1. График проведения и бюджет НИР (график Ганта);
2. Оценка ресурсной и финансовой эффективности НИР;

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Елена Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б3А	Сысоева Наталья Владимировна		

## **5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение ресурсной эффективности, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Задачи:

- 1) оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования;
- 2) планирование научно-исследовательских работ;
- 3) определение ресурсной (ресурсосберегающей) и финансовой эффективности исследования.

Разработка НИР производится группой квалифицированных работников, состоящей из трех человек – руководителя, эксперта и студента.

Выявление возможности использования полипропиленового волокна в качестве фильтровального материала для оборудования по очистки воды с помощью спектрофотометра. Включение в технологическую цепь фильтров с полимерным волокном позволит увеличить ресурс активных углей и ионитов, которые в настоящее время используются для очистки воды. Использование фильтров с полимерным волокном позволит снизить затраты на очистку воды.

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

#### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

К числу важных факторов охраны здоровья населения относится

обеспечение доброкачественной водой, так как полноценное и безопасное водопользование населения является общепризнанным фактором здоровья и важного условия благоустройства населенных мест.

В связи с этим пренебрежение к соблюдению требований по доведению качества потребляемой населением воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды создает угрозу воздействия на население токсических веществ и приводит к росту числа заболеваний, связанных с употреблением воды, не соответствующей гигиеническим нормам. Этому же способствует недостаточное внедрение в практику водоснабжения новых, экономически целесообразных (особенно в настоящее время) способов водоподготовки как на централизованных, так и децентрализованных системах водоснабжения.

Другие способы очистки имеют высокую механическую прочность, легки, но дефицитны и дороги, поэтому в отечественной практике не получили широкого применения

Учитывая указанные недостатки, ведутся работы по поиску новых фильтрующих материалов. В качестве фильтрующего материала для обезжелезивания воды в данном НИ предложено полипропиленовое волокно.

Полипропиленовое волокно имеет ряд преимуществ и поэтому представляет интерес для изучения таких возможностей. Такими преимуществами являются:

- низкая себестоимость (1 кг волокна стоит 130 рублей);
- высокая удельная поверхность по сравнению с другими рассмотренными ранее материалами;
- удельная ёмкость достаточно высока и не снижается при многократных циклах регенерации;
- обладает более высокими физическими и химическими свойствами;
- возможность применять полипропиленовое волокно разного диаметра в одном фильтре;


На данный момент существует достаточно много различных фильтровальных материалов 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 10).

Таблица 3 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке фильтровальных материалов водоочистных установок

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

Кварцевый песок – 

Уголь активированный – 

Полипропиленовое волокно – 

Как видно из приведенной карты сегментирования, метод очистки с помощью полипропиленового волокна является наиболее универсальным и может использоваться во всех сферах потребителями, а также является наиболее простым и дешевым в использовании.

### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Произведен детальный анализ конкурирующих разработок, представленный в таблице 11, существующих на рынке, таких как мембранный метод очистки, очистка методом обратного осмоса и сорбционный метод очистки, а также исследуемая очистка воды полипропиленовым волокном.

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

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	Б <sub>к3</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>	К <sub>к3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>									
1. Актуальность разработки	0,25	5	4	1	3	1,25	1	0,25	0,75
2. Спрос на технологию	0,13	4	1	2	1	0,52	0,13	0,26	0,13
3. Потребность в оборудовании	0,06	5	5	4	5	0,3	0,3	0,24	0,3
4. Эффективность разработки	0,25	5	5	4	4	1,25	1,25	1	1
5. Надежность	0,15	5	4	2	4	0,75	0,6	0,3	0,6
6. Безопасность	0,02	5	5	5	5	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>									
1. Конкурентоспособность разработки	0,02	3	1	1	2	0,06	0,02	0,02	0,04
2. Затраты на создание сорбционного материала	0,03	5	4	3	4	0,15	0,12	0,9	0,12
3. Цена разработки	0,04	5	1	1	5	0,2	0,04	0,04	0,2
4. Перспективность	0,01	5	5	5	5	0,05	0,05	0,05	0,05
5. Срок эксплуатации продукта	0,02	5	5	5	5	0,1	0,1	0,1	0,1
6. Финансирование на реализацию технической разработки	0,02	4	2	1	1	0,08	0,04	0,02	0,02
Итого	1					4,81	3,75	3,28	3,41

где сокращения: Б<sub>ф</sub> – очистка полипропиленовым волокном; Б<sub>к1</sub> – мембранный метод очистки; Б<sub>к2</sub> – очистка методом обратного осмоса; Б<sub>к3</sub> – сорбционный метод очистки.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B<sub>i</sub> – вес i-го показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл показателя.

Из результатов анализа конкурентных технических решений, следует, что конкурентоспособной разработкой на рынке являются полипропиленовое волокно, используемое для очистки водных сред. Их перспектива и спрос на них заключается в дешевизне, простоте обслуживании и установке. Эффективность разработки хорошая, но эффективность очистки сорбционным методом при правильном подборе материалов и их модификации, также приближается к 100%.

### 5.1.3 QuaD-анализ

В таблице 12 представлен QuaD-анализ НТИ.

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Степень очистки от механических загрязнений	0,01	90	100	0,9	0,009
2. Сорбционная емкость	0,09	85	100	0,85	0,0765
3. Ресурс	0,1	90	100	0,9	0,09
4. Эффективность	0,1	99	100	0,99	0,099
5. Простота эксплуатации	0,1	90	100	0,9	0,09
6. Безопасность	0,2	99	100	0,99	0,198
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	90	100	0,9	0,09

2. Перспективность рынка	0,05	90	100	0,9	0,045
3. Цена	0,2	90	100	0,9	0,18
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	90	100	0,9	0,045
Итого	1				0,9225

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$\Pi_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (5.2)$$

где  $\Pi_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

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

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $\Pi_{cp}$  составляет 92,25 % что говорит о том, что данная разработка является перспективной.

#### 5.1.4 SWOT-анализ

Для того что бы найти сильные и слабые стороны данного метода и методов-конкурентов проведем SWOT–анализ результаты которого представлены в таблице 13.

Таблица 6 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1 Экологичность технологии С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С3. Наличие бюджетного	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие достаточного финансирования проектов
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

	финансирования С4. Квалифицированный персонал	Сл2. Возможность появления новых методов.
<p>Возможности:</p> <p>В1. Возможность создания партнерских отношений с рядом исследовательских институтов.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В4. В случае принятия рынком выход на большие объемы</p>	<p>Актуальность разработки, опытный руководитель и принципиально новая методика дает возможность сотрудничать с рядом ведущих исследовательских институтов;</p> <p>Большой потенциал применения методики, а также возможность выхода на внешний рынок обуславливаются принципиально новой методикой, способностью нового метода к применению к мало изученным веществам и материалам, актуальностью разработки;</p> <p>За счет новизны и принципиальных отличий возможен выход на большие объемы применения данной методики.</p>	<p>Возможность наличия партнерских отношений с исследовательскими институтами в испытании методики в работе</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Развитая конкуренция технологий производства</p> <p>У2. Ограничение на экспорт технологии</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p>	<p>Изучение законодательной базы для выхода технологии на экспорт;</p> <p>Сертификация продукции.</p>	<p>Изучение законодательной базы для выхода технологии на экспорт;</p> <p>Сертификация продукции.</p>

Выявлены соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Выводы: в результате составления карты сегментирования, анализа

конкурентных технических решений, а также QuaD и SWOT–анализа метод очистки с помощью полипропиленового волокна является наиболее универсальным и может использоваться во всех сферах потребителями, а также является наиболее простым и дешевым в использовании и установке. Разработка является конкурентоспособной и перспективной на рынке.

## 5.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 14.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания и выбор направления исследований	1.1	Выбор темы научно-исследовательской работы. Постановка цели и задач.	Руководитель, дипломник
	1.2	Выбор объектов и методов исследования	Руководитель, дипломник, эксперт
	1.3	Анализ литературы	Дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	2.1	Подготовительные работы (построение калибровочного графика, приготовление модельного раствора соли железа (III) и др)	Дипломник, эксперт
	2.2	Определение концентрации железа в водных растворах	Руководитель, дипломник, эксперт
	2.3	Разработка методики подготовки образцов	Руководитель, дипломник

	2.4	Эксперимент на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ	Руководитель, дипломник, эксперт
Обобщение и оценка результатов	3.1	Анализ полученных результатов.	Руководитель, дипломник, эксперт
	3.2	Составление отчетов по НИР	Дипломник

### 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{\min\ i} + 2 \cdot t_{\max\ i}}{5}, \quad (5.3)$$

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

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

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

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (5.4)$$

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

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же

работу на данном этапе, чел.

### 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (5.5)$$

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (5.6)$$

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

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

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

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \approx 2,$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ  $T_k$  нужно округлить до целых чисел.

Результаты расчетов приведены в таблице 15.



Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

Этапы	Исполнители	Продолжительность работ				
		$t_{\min}$ , чел-дни	$t_{\max}$ , чел-дни	$t_{\text{ож.}}$ , чел-дни	$T_p$ , раб.дн	$T_k$ , кал.дн
1.1	Гальцева О.В., Сысоева Н.В.	1	6	3	1,5	3
1.2	Гальцева О.В., Сысоева Н.В., Бордунов С.В.	10	20	14	4,7	9
1.3	Сысоева Н.В.	40	60	48	48	96
2.1	Сысоева Н.В., Бордунов С.В.	10	15	12	6	12
2.2	Гальцева О.В., Сысоева Н.В., Бордунов С.В.	25	40	31	10,3	21
2.3	Гальцева О.В., Сысоева Н.В.	10	20	14	7	14
2.4	Гальцева О.В., Сысоева Н.В., Бордунов С.В.	20	30	24	8	16
3.1	Гальцева О.В., Сысоева Н.В., Бордунов С.В.	14	24	18	6	12
3.2	Сысоева Н.В.	12	22	16	16	32
ИТОГО						215

На основе таблице 15 построен календарный план-график в виде диаграммы Ганта представленной в таблице 16. График построен для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта за период времени дипломирования.

Таблица 9 – Календарный график проведения НИР

Этапы	Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub>	Продолжительность выполнения работ								
				Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май
1.1	Выбор темы научно-исследовательской работы. Постановка цели и задач.	Гальцева О.В.	3									
		Сысоева Н.В.										
1.2	Выбор объектов и методов исследования	Гальцева О.В.	9									
		Сысоева Н.В.										
		Бордунов С.В.										



отчислений во внебюджетные фонды и накладные расходы.

### 5.3.1 Расчет материальных затрат НИИ

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

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) + \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i}, \quad (5.7)$$

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.);

$C_i$  – 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.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 17.

Таблица 10 – Материальные затраты на НИР (руб.)

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Волокнистый полимерный сорбент СБС-2	килограмм	0,2	130	26
Итого				26

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

### 5.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата  $z_{zn}$  включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИР, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$z_{zn} = z_{осн} + z_{доп}, \quad (5.8)$$

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

$z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата одного участника НИ рассчитывается по следующей формуле:

$$z_{осн} = z_{дн} \cdot T_p, \quad (5.9)$$

где  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, р. дней (таблица 15);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$z_{дн} = \frac{z_m \cdot M}{F_D}, \quad (5.10)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_D$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, р. дней (таблица 18).

Таблица 11 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент	Эксперт
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней: - выходные дни	104	104	104

- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени:			
- отпуск	48	0	48
- невыходы по болезни	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	247	199

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p, \quad (5.11)$$

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

$k_{np}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_D$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Тарифная заработная плата находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда 600 руб. на тарифный коэффициент  $k_T$  и учитывается по единой для бюджетных организаций тарифной сетке. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 19.

Таблица 12 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_p$	$Z_{TC}$ , руб.	$k_{np}$	$k_D$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	4	25,8	15470	0,3	0,4	1,3	34190	1787	38	23978
Дипломник	1	1,2	720	0,3	0,4	1,3	1591	81	108	8748
Эксперт	6	38	22824	0,3	0,4	1,3	50440	2636	35	92260
Итого										124986

### 5.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за

отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (5.12)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы.

$$Z_{допр} = 23978 \cdot 0,15 = 3597 \text{ руб.};$$

$$Z_{допд} = 8748 \cdot 0,15 = 1312 \text{ руб.};$$

$$Z_{допэ} = 92260 \cdot 0,15 = 13839 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп} = 3597 + 1312 + 13839 = 18748 \text{ руб.}$$

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

Отчисления на социальные нужды выражаются в виде единого социального налога, который включает в себя: обязательные отчисления по установленным законодательством нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования. Единый социальный налог – 30%.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (5.13)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 20.

Таблица 13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Величина отчислений во внебюджетные фонды, руб.
Руководитель	23978	3597	0,3	8273
Дипломник	8748	1312		3018
Эксперт	92260	13839		31830
Итого				43121

### 5.3.5 Накладные расходы

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

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{пр}, \quad (5.14)$$

где  $k_{пр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов в размере 16%.

$$З_{накл} = (26 + 124986 + 18748 + 43121) \cdot 0,16 = 29901 \text{ руб.}$$

### 5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 21.

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат НИР

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1	Материальные затраты НИР	26	Пункт 5.3.1
2	Затраты по основной заработной плате исполнителей проекта	124986	Пункт 5.3.2
3	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	18748	Пункт 5.3.3
4	Отчисления во внебюджетные фонды	43121	Пункт 5.3.4
5	Накладные расходы	29901	Пункт 5.3.5
6	Бюджет затрат НИР	216782	Сумма ст. 1-5

Вывод: Расчет произведен с учетом работы в 1 месяц. Общая продолжительность исследования (экспериментальная часть) составляет 3 месяца. Согласно смете затрат на проектирование, наибольшие затраты идут на основную заработную плату научно-производственного персонала, а также отчисления во внебюджетные фонды в 1 рабочий месяц составляет 216782 рублей. Данный уровень расходов соответствует текущему уровню затрат на научно-исследовательскую работу.

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

Сущность метода оценки научно-технического уровня НИР заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент ее научно-технической уровня по формуле [80]:

$$H_T = \sum_{i=1}^m R_i \cdot n_i \quad (5.15)$$

где  $m$  – количество показателей;

$H_T$  — показатель, определенный по признакам;

$R_i$  — весовой коэффициент  $i$ -го признака научно-технического эффекта (таблица Б.1);

$n_i$  — количественная оценка  $i$ -го признака научно-технического эффекта, в



баллах (таблицы Б.2-Б.5).

Используя данные выше указанных таблиц произведена оценка НИ и результаты оценок признаков отображены в таблице 22.

Таблица 15 – Количественная оценка признаков НИОКР

Признак научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака НИОКР	$K_i$	$P_i$
1. Уровень новизны	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия	0,5	6
2. Теоретический уровень	Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, вещество и т.п.)	0,3	6
3. Возможность реализации	Результаты будут использованы при разработке новых технических решений	0,3	8
4. Масштабы реализации	Отрасль	0,2	8

Используя исходные данные по основным признакам научно-технической эффективности, определяем показатель научно - технического уровня:

$$H_T = 0,5 \cdot 6 + 0,3 \cdot (6 + 8) + 0,2 \cdot 8 = 8,8 .$$

По таблице Б.6 определяем НТУ НИ.

Вывод: Исходя из таблицы Б.6 следует, что данная НИР имеет сравнительно высокий научно технический уровень, равный 8,8.

Заключение:

В экономической части бакалаврской работы были решены следующие задачи: оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения; планирование научных исследовательских работ; бюджет научно-технического исследования (НТИ); определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Всем оборудованием необходимым для выполнения данного исследования обладает лаборатория, что является оптимальным и наиболее экономически выгодным. Ресурсы на исследование небольшие, так как они являются расходными. Построен план – график, который позволяет выполнить научную работу в срок и при наименьших затратах в течении 215 дней. Затраты необходимые для выполнения данного исследования составляют 216782 рублей. Оценка экономической эффективности проводимой научно-исследовательской работы помогла обосновать актуальность проекта с экономической точки зрения и исследование эффективно с точки зрения ресурсопотребления.

Таким образом, исследования, проведенные в данном разделе, являются важной частью всего проекта в целом, которые дают возможность объективно оценивать эффективность проводимых научно-исследовательской работы. Проект можно считать экономически эффективным.