

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Неразрушающего контроля
Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
Кафедра Экологии и безопасности жизнедеятельности

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Ячейка для измерения pH природных вод с системой автокалибровки
УДК <u>556.114:504.4:544.362</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Кабанов Владислав Алексеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер, ассистент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Раденков Тимофей Александрович			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. МЕН ИСГТ	Королева Наталья Валентиновна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ ИНК	Сечин Андрей Александрович	Кандидат техн. наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Экологии и безопасности жизнедеятельности	Романенко Сергей Владимирович	Доктор хим. наук, профессор		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные и общепрофессиональные компетенции</i>		
Р1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности, знание вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК- 1, ОК-2, ОК-5, ОК-7, ОК-11, ОК-15, ОПК-1, ОПК-2) ¹ , Критерий 5 АИОР ² (п. 2.12)
Р2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, уметь применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации; использовать современные технические средства и информационные технологии для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.	Требования ФГОС (ОК-12, ОПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
Р3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач, применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС (ОК- 3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9, ОК-10, ОК-11, ОК-14, ОК-15, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5) Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
Р4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС (ОК-13, ОПК-4), Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-5, ПК-17, ПК-18), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
Р6	Способность принимать участие в разработке инновационных инженерных проектов в области техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, разрабатывать и использовать графическую документацию, принимать участие в установке, эксплуатации и проведении технического обслуживания средств защиты, следовать корпоративной культуре работодателя.	Требования ФГОС (ПК- 1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-14). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
Р7	Способность ориентироваться в основных проблемах техносферной безопасности, оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемой техники, использовать современные методы расчетов элементов технологического оборудования по критериям работоспособности и надежности.	Требования ФГОС (ПК- 1, ПК-4, ПК-5, ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4)
Р8	Способность принимать участие в работе научно- исследовательского коллектива по разработке новых перспективных систем жизнеобеспечения, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, эксперименты, обработку результатов и формулировку выводов.	Требования ФГОС (ПК-14, ПК-15, ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.9)
Р9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в ЧС на объектах экономики.	Требования ФГОС (ПК- 8, ПК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12)
Р10	Способность анализировать механизмы и характер воздействия опасностей на человека и природную среду с учетом их специфики; использовать методы определения нормативных уровней допустимых негативных воздействий и проводить измерения уровней опасностей в среде обитания; составлять прогнозы возможного развития ситуации.	Требования ФГОС (ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

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

Институт Неразрушающего контроля
 Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
 Кафедра Экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Романенко С.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа 1Е2Б	ФИО Кабанову Владиславу Алексеевичу
----------------	--

Тема работы:

Ячейка для измерения рН природных вод с системой автокалибровки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.04.2016, №2822/с
Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Ячейка для измерения рН
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Необходимо разработать ячейку для измерения рН с системой автокалибровки, исследовать её работоспособность методом потенциометрии
Перечень графического материала	Презентация в Microsoft Office PowerPoint 2010
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Королева Наталья Валентиновна, старший преподаватель кафедры МЕН
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович, доцент кафедры ЭБЖ

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	14.04.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ЭБЖ	Романенко Сергей Владимирович	Доктор хим. наук, профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Кабанов Владислав Алексеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Е2Б	Кабанову Владиславу Алексеевичу

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	Техносферная безопасность

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

<p>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></p> <p>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></p> <p>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></p>	<p>1. Стоимость ресурсов для исследования влияния механической активации прекурсоров на дисперсность ферритовых порошков.</p> <p>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</p> <p>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i></p> <p>2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i></p> <p>3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i></p>	<p>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения при помощи технология QuaD</p> <p>2. Планирование научно-исследовательских работ: – структура работ в рамках научного исследования; – определение трудоемкости выполнения работ; – разработка графика проведения научного исследования; – бюджет научно-технического исследования (НТИ).</p> <p>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</p>
--	---

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. План-график проведения НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Королева Наталья Валентиновна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Кабанов Владислав Алексеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е2Б	Кабанову Владиславу Алексеевичу

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	Объектом исследования при выполнении ВКР является ячейка для измерений рН. Рабочим местом для создания ячейки и проведения измерений является лабораторная комната.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p>	<p>1.1. Вредными факторами при работе в лаборатории являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> – токсичность и запыленность сурьмой; – канцерогенность инъекционного воска. <p>1.2. Опасными факторами при работе в лаборатории являются: электрический ток, пожар, движущиеся машины и механизмы и термическое воздействие. Поражение электрическим током может произойти при прикосновении к неизолированным контактам электросети, находящимся под напряжением.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p>В процессе резки, шлифовки остается достаточно большое количество остатков сурьмы в виде опилок, которые смываются водой и попадают в трубопроводную систему. Из-за этого сурьма может попасть в почву и в подземные воды, что в свою очередь несет вред окружающей среде, так как концентрация сурьмы превышает норму. Для того чтобы избавиться от этого пагубного воздействия можно использовать способ вторичной переработки остатков который заключается в переплавке опилок сурьмы в слитки. В таком случае можно избежать каких-либо источников загрязнения окружающей среды.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возможны такие чрезвычайные ситуации, как: пожары, ситуации природного характера.</p> <p>К мерам по предупреждению относятся:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Планирование защиты населения и территории от ЧС на уровне предприятия (организации); 2. Создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности; 3. Выявление угроз пожара и оповещение персонала; 4. Подготовка работающих к действию в условиях ЧС; 5. Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p>Соблюдение законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении, а также контроль над исправностью работы в помещении.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	Кандидат техн. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Кабанов Владислав Алексеевич		

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

Институт Неразрушающего контроля

Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение

Уровень образования Бакалавриат

Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.02.2016	<i>Составление обзора литературы</i>	
20.02.2016	<i>Подготовка образцов для исследования</i>	
10.03.2016	<i>Проведение исследований методом БЭТ</i>	
25.03.2016	<i>Проведение исследований СЭМ</i>	
10.04.2016	<i>Проведение исследований ТГА – ТГ/ДСК</i>	
25.04.2016	<i>Проведение исследований лазерной дифракцией</i>	
27.04.2016	<i>Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	
30.04.2016	<i>Написание раздела «Социальная ответственность»</i>	
03.05.2016	<i>Защита Учебно-исследовательской работы студентов</i>	
25.05.2016	<i>Выступление на VI всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность»</i>	
27.05.2016	<i>Оформление результатов исследований</i>	
1.06.2016	<i>Написание раздела «Заключение»</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Экологии и безопасности жизнедеятельности	Романенко Сергей Владимирович	Доктор хим. наук, профессор		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 67 с., 14 рис., 20 табл., 21 источников.

Ключевые слова: Электрохимическая ячейка, мониторинг, природные воды, потенциометрия, водородный показатель, электрод, сурьма.

Объектом исследования является ячейка для измерения рН с системой автокалибровки.

Цель работы:

Разработка ячейки с системой автокалибровки, проверка на работоспособность, измерение рН природных вод.

Методология проведения исследования и аппаратура: измерения проводились на потенциометрах “УЛК”, “ИТАН”.

В процессе исследования проводились: изготовление тестового и промышленного образца потенциометрической ячейки, исследования зависимости потенциала от водородного показателя, исследования зависимости потенциала от температуры, исследования водородного показателя проб воды, исследования проницаемости керамических мембран.

В результате исследования будет получен промышленный образец потенциометрической ячейки с системой автокалибровки.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
2. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

электролитическая ячейка: Электрохимическое устройство, служащее для проведения электрохимических реакций и представляющее собой сосуд с электролитом, в который погружены два электрода.

электрод: Электрический проводник, имеющий электронную проводимость и находящийся в контакте с ионным проводником – электролитом.

потенциометрия: Электрохимический метод исследования и анализа веществ, основанный на зависимости равновесного электродного потенциала от термодинамической активности компонентов электрохимической реакции.

pH: Величина, характеризующая активность ионов водорода в растворах, является показателем кислотности.

калибровка: Установление зависимости между показаниями средства измерительной техники и размером измеряемой величины.

В данной работе использованы следующие сокращения:

НТИ – научно-техническое исследование.

Оглавление

Введение	11
1 Литературный обзор	12
1.1 Мониторинг водных ресурсов	12
1.1.1 Основные цели мониторинга природных вод:	12
1.1.2 Структура мониторинга водных ресурсов:	13
1.2 Методы мониторинга водных ресурсов	14
1.2.1 Наземные наблюдения	14
1.2.2 Биоиндикационные методы	15
1.2.3 Физико-химические методы	15
1.2.4 Дистанционное зондирование	16
1.3 Оценка фактического состояние водной среды	16
1.4 Водородный показатель	18
1.5 Методы определения pH	21
1.5.1 Потенциометрический метод	21
1.5.2 Колориметрический метод	22
1.5.3 Объемный метод	23
1.5.4 Спектрофотометрия	24
1.6 Виды индикаторных электродов	25
1.6.1 Стекланный электрод	25
1.6.2 Хингидронный электрод	26
1.6.3 Сурьмяный электрод	28
2 Объекты и методы исследования	29
2.1 Автокалибровка	29
2.2 Методика изготовления электрохимической ячейки	30
2.3 Создание тестового образца	31
2.4 Создание промышленного образца	32
3 Экспериментальные исследования	35
3.1 Проверка тестового образца ячейки на работоспособность	35
3.2 Исследование зависимости ЭДС промышленного образца от pH	37
3.3 Исследование проницаемости керамической мембраны	38
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	40

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	40
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	42
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	54
4.4 Вывод	57
5 Социальная ответственность	58
5.1 Введение	58
5.2 Производственная безопасность	58
5.3 Экологическая безопасность	60
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	61
5.5 Организационные мероприятия обеспечения безопасности	63
Заключение	64
Список использованных источников	65

Введение

В настоящее время загрязнение окружающей среды является одной из главных проблем современности. Мониторинг окружающей среды хотя и является важным процессом в исследовании состояния различных сфер, но порой вызывает некоторые трудности. Так в современной практике, в системе наблюдения за окружающей средой актуальной темой является такое понятие как экспресс мониторинг, который позволяет проводить измерения химических показателей прямо на месте исследования, в полевых условиях.

На сегодняшний день имеется достаточно большое количество методов определения химических показателей объектов окружающей среды, но далеко не все годятся для проведения измерений без наличия лабораторного оборудования. Одним из важнейших химических показателей является мера активности ионов водорода. Но измерение этого показателя подразумевает использование не дешевого оборудования, которое не годится для измерений в полевых условиях.

В данной работе при анализе работы разрабатываемого устройства были использованы такие методы как потенциометрия – в основе которого лежит измерение электродвижущих сил в ячейке между гальваническими элементами, а также кондуктометрия – метод, которых основан на измерении электропроводимости исследуемого объекта.

Объектом исследования является активность ионов водорода в исследуемой пробе.

Предметом исследования является разработка ячейки для измерения рН природных вод с системой автокалибровки, и исследование её работы.

1 Литературный обзор

1.1 Мониторинг водных ресурсов

Вода в настоящее время является очень ценным природным ресурсом. Вода играет большую роль в процессах обмена веществ, которые составляют основу жизни. Нехватка чистой пресной воды уже в настоящее время воспринимается как мировая проблема. Ученые всего мира пытаются найти решение данной проблемы, особенно в данное время, когда потребности промышленности и сельского хозяйства в воде увеличиваются все больше и больше. На современном этапе важной задачей является рациональное использование водных ресурсов, которое включает: полноценное использование, а также более широкое возобновление пресных вод; разработка технологических процессов, которые позволяют предотвратить загрязнение водных сред. Мониторинг водных ресурсов - непрерывное и комплексное отслеживание состояния водных сред, контроль и учет их качественных или количественных характеристик. Государственный мониторинг природных вод включает в себя наблюдение за состоянием поверхностных вод суши, морей, водохозяйственных систем, водохранилищ.

Оценка качества и уровней загрязнения является объектом мониторинга природных вод и является условием для принятия каких-либо природоохранных мер [1].

1.1.1 Основные цели мониторинга природных вод:

1. Своевременное выявление и прогнозирование негативных процессов, протекающих в воде, которые влияют на её качество и состояние, а также разработка и реализация мер, предотвращающих последствия этих процессов.

2. Оценка эффективности мероприятий, связанных с охраной природных вод.
3. Информационное обеспечение управления в области использования и охраны водных объектов, в том числе в целях государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов.

1.1.2 Структура мониторинга водных ресурсов:

4. Мониторинг поверхностных водных объектов.
5. Мониторинг берегов водных объектов и состояния дна.
6. Мониторинг подземных вод.
4. Наблюдение за водохозяйственными системами, за гидротехническими сооружениями, а также за объемом вод при водопотреблении и водоотведении [2].

Государственный мониторинг осуществляется на локальном, территориальном, региональном и федеральном уровне.

Мониторинг на локальном уровне осуществляется водопользователями, ведущими наблюдения за водными объектами в порядке, определяемом территориальными органами Министерства природных ресурсов Российской Федерации, и представляют данные наблюдений в указанные органы в соответствии с водным законодательством РФ.

Мониторинг на территориальном уровне осуществляется территориальными органами Министерства природных ресурсов Российской Федерации и Федеральной служб России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды совместно с территориальными органами федеральных органов исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов РФ, ведение территориальных банков данных и передача данных мониторинга на региональный уровень.

Мониторинг на региональном уровне осуществляют бассейновые водохозяйственные управления, региональные геологические центры и другие уполномоченные на то территориальные органы Министерства природных

ресурсов Российской Федерации и территориальные управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

На региональном (бассейновом) уровне проводится обобщение, накопление, хранение, распространение информации, ведение региональных (бассейновых) банков данных по соответствующему региону (бассейну) и передача данных на федеральный уровень.

На федеральном уровне ведение мониторинга обеспечивается Министерством природных ресурсов Российской Федерации и Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. На этом уровне обобщаются данные мониторинга регионального уровня, осуществляется ведение банков данных, подготовка данных мониторинга для публикаций, а также осуществляется информационный обмен на межведомственном и международном уровнях [1].

1.2 Методы мониторинга водных ресурсов

1.2.1 Наземные наблюдения

Под мониторингом водных объектов подразумевается наблюдение за источниками загрязнений, их характером воздействия, наблюдение за состоянием окружающей среды экосистем и биосферы. Также подразумевается наблюдение за фоновым состоянием водных объектов. Определение динамики изменений состояния среды при мониторинге проводятся через определённые интервалы времени либо непрерывно, если ведётся наблюдение по важным показателям. Чтобы выделить антропогенные воздействия, необходимо знать в каком состоянии была экосистема в первоначальном виде. Для этого необходимо иметь информацию о фоновом состоянии водных сред, как в целом, так и отдельно каждого региона и района. Мониторинг природных вод включает в себя наблюдения как за поверхностными и подземными водами, так и за донными отложениями. При этом в основном происходит отслеживание

таких веществ, как ртуть, мышьяк, кадмий, свинец, хлорорганические соединения, бензапирен, биогенные элементы. Наблюдения вод происходят в характерные гидрологические периоды (паводки, межень, половодье). Наблюдение донных отложений обычно происходит один раз в год. Существует «наземная или полевая проверка», которая является отдельным видом наземных наблюдений и включает в себя наблюдения за поверхностью природных вод, которые проводятся дистанционно.

1.2.2 Биоиндикационные методы

От свойств воды часто зависит видовой состав данного объекта. Основным смыслом биомониторинга заключается в том, что живые организмы отражают сложившиеся условия среды в данной водной среде.

Биоиндикация – метод, основанный на обнаружении биотических и абиотических факторов, влияющих на живые организмы при помощи биологических систем, и определения по реакциям живых организмов антропогенных нагрузок. Метод основан на исследовании группы особей некоего вида или биотических групп, и судят о состоянии среды, в том числе о присутствии загрязнителей, по состоянию данных организмов, их поведению или их наличию.

1.2.3 Физико-химические методы

Физико-химические методы основаны на измерениях или наблюдениях каких-либо физических или химических показателей. Для проведения физико-химического анализа воды проводится отбор проб. Проба воды для анализа может быть получена несколькими способами:

- однократный отбор некоторого количества воды;
- смещение проб, отработанных через определенные промежутки времени в одном месте исследуемого водоема;
- смещение проб, отработанных одновременно в разных местах исследуемого водоема.

Пробы в объекте отбираются в трех точках (у обоих берегов и в фарватере); при ограниченных технических возможностях или на водоемах небольших размеров допускается отбор проб в одной либо в двух точках.

В объектах, где течение замедленно, либо отсутствует, химические показатели воды могут быть неоднородным на разных участках, поэтому в таких объектах отбирается несколько проб на разной глубине. После отбора пробы делается запись об условиях сбора, даты и времени отбора.

В настоящее время для определения наличия неорганических соединений используются такие физико-химические методы анализа как: фотометрия, пламенно-эмиссионная спектрометрия, атомно-абсорбционная спектрометрия, а также электрохимический анализ, в частности кондуктометрия, кулонометрия, вольтамперометрия, потенциометрия.

1.2.4 Дистанционное зондирование

Дистанционное наблюдение подразумевает бесконтактную регистрацию электромагнитного поля и интерпретацию полученных изображений. Преимущества дистанционных методов наблюдения заключаются в многомасштабности и многовременности [3].

1.3 Оценка фактического состояние водной среды

При мониторинге водных объектов обычно выделяются 4 вида показателей:

1. Органолептические показатели воды:

Запах воды при 20°C

Запах воды при 60°C

Температура воды в момент отбора пробы, °C

Привкус воды при 20°C

Цветность воды в градусах

Мутность воды, мг/дм³

2. Показатели химического состава воды:

Общая жесткость, ммоль/дм³

Железо, мг/дм³

Сульфаты, мг/дм³

Марганец, мг/дм³

Сухой остаток, мг/дм³

Хлориды, мг/дм³

Углекислота свободная, мг/дм³

Фтор, мг/дм³

Водородный показатель (рН)

Щелочность, мг-экв/дм³

Взвешенные вещества, мг/дм³

3. Санитарные показатели качества воды:

БПК (Биохимическое потребление кислорода), мгО/дм³

ХПК (химическое потребление кислорода), мгО/дм³

Поверхностные анионактивные вещества (ПАВ) — суммарно, мг/дм³

Нитраты, мг/дм³

Нитриты, мг/дм³

Перманганатная окисляемость, мгО/дм³

Аммоний, мг/дм³

4. Биологические показатели воды:

Фитопланктон, мг/дм³

Фитопланктон, кл/см³

Количество сапрофитных бактерий в 1 см³

Возбудители кишечных инфекций (шигеллы, энтеровирусы, сальмонеллы,) в 1 дм³

Количество лактозоположительных кишечных палочек в 1 дм³

Количество колифагов в 1 дм³

Количество энтерококков в 1 дм³ [4].

Важнейшей задачей в современном мониторинге водных объектов

1.4 Водородный показатель

Водородный показатель (рН) – мера активности ионов водорода в растворе, которая количественно выражает кислотность этого раствора.

$$pH = - \lg [H^+], \quad (1)$$

где H^+ – концентрация ионов водорода (выражается в моль/м³).

Величина водородного показателя изменяется в интервале от 0 до 14. Для кислых растворов значение рН меньше 7, для нейтральных растворов рН равно 7, для щелочных растворов рН больше 7 единиц. Значение рН для нейтрального раствора может быть различным в зависимости от температуры раствора.

Величина водородного показателя для питьевой воды должна иметь нейтральную реакцию (рН ~ 7), для воды водоемов хозяйственного, питьевого, культурно-бытового интервал значений регламентируется в пределах 6,5-8,5 рН. [5]

Кислотность природных вод чаще всего обусловлена содержанием в ней растворенного диоксида углерода (СО₂) либо наличием гуминовых и других слабых органических кислот. Значение рН в таких водах обычно более 4,4. Значение рН водного объекта менее 4,4 единиц, обычно говорит о присутствии в данном объекте сильных минеральных кислот или солей, образованных кислотами и гидроксидами, которые гидролизуются в воде и образуют в ней кислую среду.

Кислотность воды подразделяется на:

1. Активную кислотность, представляющую собой молярную концентрацию ионов H^+ , реально присутствующих в воде. Может быть определена методом потенциометрии.
2. Общую кислотность, представляющую собой наличие свободных ионов водорода либо ионов водорода, связанных в слабых кислотах и солях. Диапазон значений рН - от 0 до 9 единиц.

3. Свободную кислотность, являющуюся частью общей кислотности, в интервале рН - от 0 до 4,4, и связанную с наличием сильных кислот и солей в воде.
4. Кислотность, зависящую от наличия гуминовых и других слабых органических кислот в воде. Интервал значений рН - от 4,4 до 9 единиц [6].

В основном, содержание ионов водорода в водных объектах, контролируется карбонатной системой. При растворении в воде углекислый газ частично превращается в угольную кислоту, которая диссоциирует по уравнению:



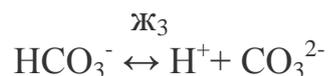
Содержание ионов водорода определяется из соотношения:

$$[H^+] = K_1 \frac{[H_2CO_3]}{[HCO_3^-]}, \quad (2)$$

где K_1 – первая константа диссоциации ($K_1 = 4 \cdot 10^{-7}$).

Гидрокарбонаты $Ca(HCO_3)_2$ и $Mg(HCO_3)_2$ также оказывают влияние на содержание ионов водорода в воде, которые диссоциируя, увеличивают содержание ионов HCO_3^- и уменьшают содержание ионов водорода.

Ионы HCO_3^- также диссоциируют с образованием протонов:



Условиям равновесия обычно отвечают следующие переходы:



Из уравнения видно, что различное значение рН воды указывает на различное содержание в воде различных составляющих данного уравнения.

При нормальных условиях рН природных вод близко к значению 8,5. При этом значении распространен гидрокарбонат ион HCO_3^- . В этой форме углерод легко усваивается водными организмами. Содержание ионов водорода в природных водах может меняться в довольно широких пределах (рН = 4...9). Количественное соотношение между различными соединениями углекислоты

определяется уравнениями диссоциации I и II ступени, которые зависят от концентрации ионов водорода, поэтому существование различных форм уголекислоты в растворе определяется рН. При рН до 3,7-4,0, уголекислота, находящаяся в воде представлена только диоксидом углерода. При повышении рН количество диоксида углерода уменьшается, и доля гидрокарбонатов – HCO_3^- возрастает. При рН = 8,3-8,4 доля уголекислоты в виде гидрокарбоната приблизительно составляет 98%, а доля ионов $\text{CO}_2 + \text{CO}_3^{2-}$ составляет менее 2%. При повышении рН свободный диоксид углерода практически отсутствует. При рН = 12 в растворе находятся только карбонаты. Зависимость содержания различных соединений углерода от рН приведена на рисунке 1.

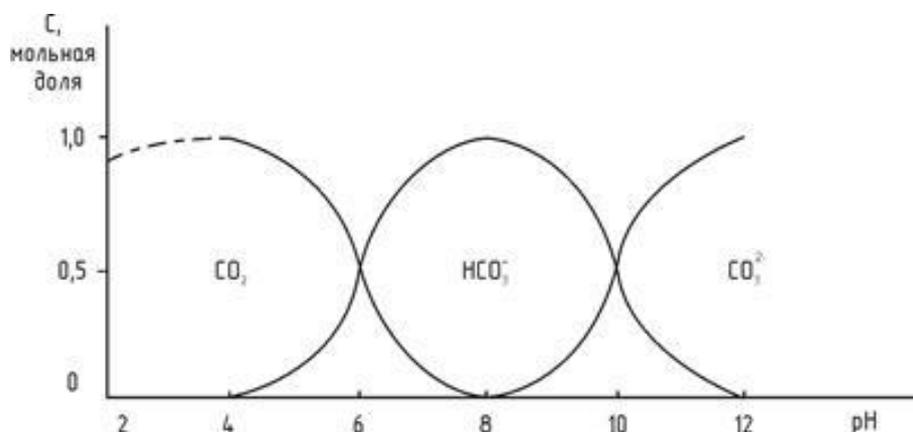


Рисунок 1 – Содержание различных форм углерода в зависимости от величины рН

Карбонатная система обладает буферными свойствами и способна поддерживать определенное значение рН и нейтрализовать поступление кислых или щелочных стоков. К основным характеристикам природных вод относят их кислотность и щелочность. Под кислотностью понимается содержание веществ, способных вступить в реакцию с сильными щелочами.

К этим веществам можно отнести:

- а) сильные кислоты, полностью диссоциирующие в воде;
- б) слабые кислоты (уксусная, сернистая, угольная и др.);
- в) катионы слабых оснований (ионы аммония, железа, органических оснований и др.).

Щелочность воды обусловлена наличием растворимых оснований, средними и кислыми солями, обычно гидрокарбонатами щелочных и щелочноземельных металлов. Определяется щелочность воды титрованием сильными кислотами. Существует свободная и общая щелочность [7].

1.5 Методы определения рН

1.5.1 Потенциометрический метод

Потенциометрический метод анализа основан на измерении электродвижущей силы (ЭДС) потенциометрической ячейки. Измерения проводятся с помощью индикаторного электрода и электрода сравнения, помещенных в исследуемый раствор.



Рисунок 2 – Потенциометр, потенциометрическая ячейка

Принцип работы индикаторного электрода основан на том, что его чувствительная часть реагирует только на определенные ионы, а потенциал электрода зависит от их содержания в растворе. Электрод сравнения представляет собой любой электрод, который находится в термодинамически равновесном состоянии, и постоянен во всех характеристиках, не зависящий от электролита. В качестве электродов сравнения часто используются

водородный, хлорсеребряный и каломельный электроды. Эти электроды имеют свои стандартные потенциалы. Также известны их потенциалы при различных концентрациях электролита и при различных температурах электролитов. Измерение проводится с помощью специального прибора-потенциометра, который измеряет разность потенциалов индикаторного электрода и электрода сравнения. Данную разность потенциалов описывает уравнение Нернста:

$$E = E_0 + \frac{RT}{zF} \cdot \ln\left(\frac{\alpha_{ox}}{\alpha_{red}}\right), \quad (3)$$

где E_0 (В) – стандартный потенциал окислительно-восстановительной пары электродов;

$R = 8,31$ (Дж/моль) – универсальная газовая постоянная;

T – абсолютная температура;

z – число электронов, участвующих в электродных реакциях (одинаковое для обоих электродов);

F – постоянная Фарадея;

α_{ox} и α_{Red} – активности соответственно окисленной и восстановленной форм вещества электролита и электрода, пропорциональные их концентрации.

Данный метод анализа является достаточно точным, также позволяет проводить измерения в растворах, независимо от их органолептических характеристик. Невозможность применения потенциометрического метода для непрерывного контроля является главным недостатком данного метода [8].

1.5.2 Колориметрический метод

Колориметрия – метод химического анализа, который основан на определении концентрации веществ по интенсивности окраски раствора (рис. 3).



Рисунок 3 – Различная окраска индикаторов в зависимости от значения рН растворов

В основе метода лежит применение специальных реактивов, которые меняют окраску в зависимости от концентраций ионов H^+ в растворе.

В роли индикаторов можно рассматривать слабые кислоты либо основания, которые имеют различную окраску и строение в диссоциированном и недиссоциированном состоянии. Существуют одноцветные и двухцветные индикаторы, в первом случае окрашена только одна форма (щелочная или кислотная), во втором обе формы имеют окраску. К одноцветным индикаторам относят фенолфталеин, к двухцветным – лакмус, метилоранж, метиловый красный

Для определения рН, в исследуемый раствор добавляется индикатор и полученная окраска сравнивается с окраской реакции этого же индикатора и буферного раствора.

Колориметрический метод наиболее простой, но не может быть использован для измерения рН в мутных растворах, или растворах, имеющих свою окраску [9].

1.5.3 Объемный метод

Объемный или титриметрический метод представляет из себя количественный анализ. Суть метода заключается в измерении титранта (объема раствора реагента), который вступает в химическую реакцию с исследуемым веществом. Концентрация данного титранта должна быть

известна. Титрантом могут служить как кислоты так и буферные растворы. Процесс титрования представляет собой добавление титранта по каплям в исследуемый раствор, и добавляется до тех пор, пока исследуемое вещество не начнет вступать в реакцию. Этот момент появления реакции называется точкой эквивалентности, то есть тот момент, когда количество исследуемого вещества становится эквивалентным количеству титранта. Значение рН определяется по количеству добавленного титранта (рис. 4).



Рисунок 4 – Объемный метод определения рН

Данный метод является достаточно быстрым в использовании, но его проведение возможно лишь в лабораторных условиях [10].

1.5.4 Спектрофотометрия

Данный метод относится к оптическому методу анализа и представляет собой измерение уровня поглощения, отражения либо люминесценции определенных длин волн спектра, исследуемым раствором.

Регистрацию измерений проводят спектрофотометры.

Определение рН с помощью с помощью кислотно-основных индикаторов основано на предположении, что рН двух одинаково окрашенных растворов равны, если концентрация индикатора и температура обоих растворов одинаковы. Мерой интенсивности окраски является поглощение протонированной и/или депротонированной форм индикатора, измеряемое на спектрофотометрах при определенных длинах волн.

Работа спектрофотометра основана на определении степени окраски исследуемого раствора, которое поглощает определенные волны из спектра. На

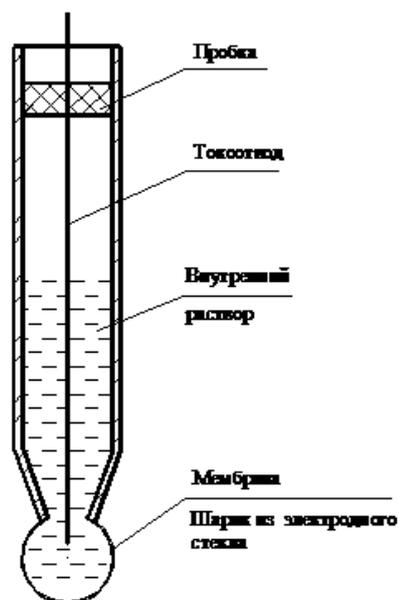


Рисунок 5 – Схема стеклянного электрода

Стеклянный электрод является эталонным устройством. Он очень точен в измерениях, но при этом не чувствителен к газам, окислителям, восстановителям находящимся в растворе. Установление потенциала происходит приблизительно в течении 5 минут, что дольше чем в других видах индикаторных электродов. Данный электрод имеет высокую стоимость и очень хрупок. Не пригоден для исследований в полевых условиях [13].

1.6.2 Хингидронный электрод

Хингидронный электрод является окислительно-восстановительным электродом. Представляет из себя платиновую пластинку, либо проволоку, которая погружена в раствор, насыщенный хингидроном (рис. 6).

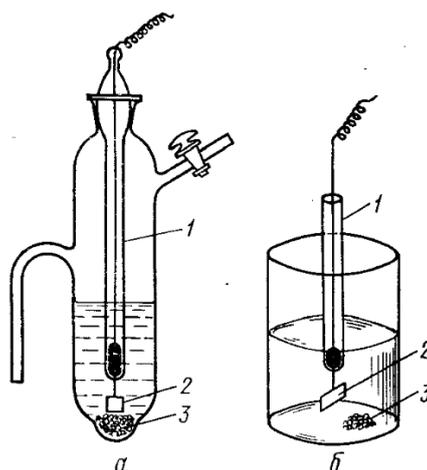
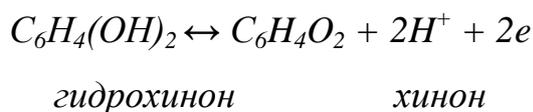


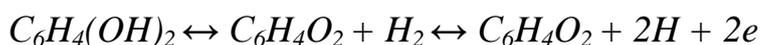
Рисунок 6 – Хингидронный электрод:

1 - стеклянная трубка с ртутью; 2 - платиновая пластинка; 3 - осадок хингидрона.

В растворе происходит распад хингидрона ($C_6H_4O_2 \cdot C_6H_4(OH)_2$) на хинон и гидрохинон в эквивалентных количествах:



Реакция на электроде:

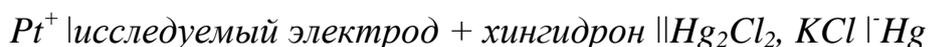


Потенциал хингидронного электрода выражается через:

$$E = E^0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{\alpha_{\text{хин}} \alpha_{H^+}^2}{\alpha_{\text{гидр}}}, \quad (4)$$

где $\alpha_{\text{хин}}$, $\alpha_{\text{гидр}}$ – активности хинона и гидрохинона [14].

Электродная реакция:

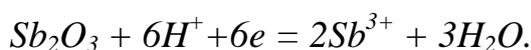


Данный электрод достаточно прост по устройству. Равновесие происходит быстро. Хингидронный электрод также имеет недостатки. В растворах с рН больше 8, то есть в сильно щелочных, хинон подвержен разложению, что делает диапазон измерений ограниченным. Также возможны погрешности в измерениях в следствии присутствия в растворе окислителей и

восстановителей, которые могут взаимодействовать с гидрохиноном либо хиноном [15].

1.6.3 Сурьмяный электрод

Сурьмяный электрод является электродом второго рода и представляет собой металлическую сурьму и ее малорастворимую соль. На электроде происходит окислительно-восстановительная реакция, в которой участвует металлическая сурьма и образованное на ней её малорастворимое соединение - трехокись сурьмы Sb_2O_3 . Равновесие в растворе:



Потенциал сурьмяного электрода:

$$E(Sb^{3+}, Sb) = E' + \frac{RT}{F} \ln (H^+), \quad (5)$$

где E' – константа, определяемая экспериментально для каждого отдельного электрода;

$R = 8,31$ (Дж/моль) – универсальная газовая постоянная;

T – абсолютная температура;

F – постоянная Фарадея;

H^+ – концентрация ионов водорода.

Интервал измерений сурьмяным электродом обычно составляет от 2 до 12 рН. Точность показаний 0,1-0,2 единицы рН. Сурьмяный электрод не оказывает никакого воздействия на исследуемый раствор, но не годится для измерений в растворах, содержащих окислители, растворенный кислород, сероводород, а также тяжелые. Чувствителен к резким изменениям температуры. Потенциал электрода устанавливается в течении одной-двух минут. Имеет низкое сопротивление, поэтому может использоваться с линейным потенциометром. Одно из главных преимуществ дешевая цена [16].

Сурьмяные электроды были изготовлены и использованы в данной работе.

2 Объекты и методы исследования

Объектом исследования является разработка ячейки для измерения рН природных вод с системой автокалибровки.

2.1 Автокалибровка

Исходя из уравнения Нернста, потенциал индикаторного электрода можно описать следующим уравнением:

$$E_{\text{инд}} = E^{\circ} - b\text{pH}, \quad (6)$$

где E – измеренный потенциал электрода;

E° – Стандартный потенциал электрода;

pH – активность ионов водорода.

b – Переменная, определяющая крутизну электродной функции.

$$b = \frac{2,3RT}{zF}, \quad (7)$$

где R – газовая постоянная;

T – температура;

Z – число электронов, участвовавших в реакции;

F – число Фарадея [17].

В общем случае, калибровка проводится для того, чтобы проверить стабильность стандартного потенциала электрода, так как он может изменяться либо от времени, либо от каких-то внешних условий, и исходя из его значения построить функцию зависимости измеренного ЭДС от значения рН буферных растворов, по которой возможно найти активность ионов водорода в исследуемом объекте [18].

Измеренное ЭДС (E') выражается следующим уравнением:

$$E' = E_{\text{инд}} - E_{\text{срав}} = E^{\circ} - b\text{pH} - E_{\text{срав}}, \quad (8)$$

где $E_{\text{срав}}$ – потенциал электрода сравнения (константа) [19].

Под автокалибровкой в разрабатываемой ячейке подразумевается использование двух сурьмяных электродов, без использования электрода сравнения. Так как электроды сделаны из одного вещества, и их стандартные потенциалы одинаковы, то ЭДС (E') цепи можно выразить как:

$$E' = E_{sb1} - E_{sb2} = (E_1^o - bpH) - (E_2^o - bpH_{6,86}) = -b(pH - pH_{6,86}), \quad (9)$$

где E_{sb1} – потенциал индикаторного сурьмяного электрода;

E_{sb2} – потенциал внутреннего сурьмяного электрода в буферном растворе с $pH=6,86$.

Таким образом в уравнении остается только одно переменное значение – температура (T), которая входит в переменную b .

Так как стандартные потенциалы сокращаются, то постоянная калибровка устройства не требуется, но учитывая то, что стандартный потенциал любых электродов может меняться с течением времени, то разрабатываемая ячейка все же подлежит очень редкой калибровке.

2.2 Методика изготовления электрохимической ячейки

Данное устройство представляет собой комбинированную электрохимическую ячейку, состоящую из корпуса, двух сурьмяных электродов, один из которого является индикаторным электродом и находится на внешней части корпуса, и второй, находящийся внутри корпуса, в буферном растворе с значением pH равным 6,86 и пористой керамической мембраны, которая разделяет исследуемый объект и буферный раствор.

Ячейка предназначена для проведения измерений в полевых экспресс условиях, но также годится и для лабораторных исследований. В качестве материала для электродов была выбрана сурьма, так как она обладает достаточно большой устойчивой зависимостью от меры активности ионов водорода. Являясь электродом второго рода и представляя собой чистую металлическую сурьму и ее малорастворимую соль, данный электрод очень прост в изготовлении, и не подвержен возможным механическим воздействиям во время полевых измерений.

Разработка устройства была поделена на два этапа:

- Создание тестового образца;
- Создание промышленного образца.

2.3 Создание тестового образца

Тестовый образец создавался с целью проверки устройства на работоспособность, выявление его недостатков и их устранение.

В качестве корпуса был использован шприц на 20 миллилитров, так как сурьма очень хрупкий полуметалл, и не может быть обработана резанием, индикаторный электрод и внутренний электрод были изготовлены методом литья по выплавляемым моделям. Индикаторный электрод имеет форму пробки и приклеивается к концу шприца на эпоксидный клей, стандартный электрод выполнен в форме стержня и во избежание контакта с воздухом залит эпоксидным клеем. Пайка проводов к сурьме проводилась с помощью паяльника и свинцово-оловянного припоя. Места контакта проволоки и сурьмы были залиты эпоксидной смолой. Керамическая мембрана устанавливалась в носик шприца. Мембрана имеет форму цилиндра с высотой 5 мм и диаметром 3 мм. Носик шприца был рассверлен до диаметра 2.9 миллиметра, чтобы мембрану удалось посадить вплотную. После сборки устройство имеет следующий вид:



Рисунок 7 – Тестовый образец в собранном виде

2.4 Создание промышленного образца

Промышленный образец создавался после проверки работоспособности тестового образца, и использовался для установления зависимости рН от температуры исследуемого объекта, измерений активности ионов водорода в пробах природных вод, также на нем была исследована проницаемость керамической мембраны.

Корпус образца был изготовлен токарной обработкой сторонним предприятием из капролона. Индикаторный электрод имеет форму кольца (рис.7), внутренний электрод изготовлен в форме стержня (рис.8).



Рисунок 7 – Индикаторные электроды



Рисунок 8 – Внутренние электроды

Электроды так же изготавливались методом литья по выплавляемым моделям. Изготовление этим методом проводилось в следующем порядке: сперва изготавливались модели нужной геометрической формы из модельного воска, после чего заливались специальной резиной и после её вулканизации образовывалась пустая форма, в которую впрыскивался разогретый

инжекционный воск и после его схватывания, из формы извлекались восковые формы – восковки (рис. 9).



Рисунок 9 – Восковки

Далее восковки помещались в специальный стальной стакан, залитый специальной формомассой (опока). После схватывания формомассы опоки помещались в муфельную печь, где под действием температуры происходила окончательная сушка, выплавка восковок и прокалка опоки. Сурьма плавилась бензиновой горелкой и отливалась в разогретую опоку, после чего формомасса разрушалась и извлекались готовые электроды. Провода к электродам были припаяны с помощью паяльника свинцово-оловянным припоем. Контакты проводов и электродов были залиты эпоксидной смолой. Керамическая мембрана устанавливалась вплотную в отверстие на корпусе ячейки. После сборки устройство имеет следующий вид:



Рисунок 10 – Промышленный образец в собранном виде



Рисунок 11 – Промышленный образец в разобранном виде

Форма устройства обусловлена тем, что одной из целей ячейки является её использование для антикоррозийного мониторинга металлических объектов в почвенных средах. Конусообразная ячейка втыкается в почву на определенную глубину, где происходит измерение рН.

3 Экспериментальные исследования

3.1 Проверка тестового образца ячейки на работоспособность

Проверка устройства на работоспособность проводилась тестовым образцом на двух потенциометрах (УЛК, ИТАН) в пяти буферных растворах.

В итоге измерений ЭДС тестового образца были получены следующие данные и построен градуировочный график зависимости ЭДС (E) от pH растворов:

Таблица 1 – Значения ЭДС в зависимости от pH

pH	E(УЛК)	E(ИТАН)
1,65	0,2311	0,232
4,01	0,169	0,1489
6,86	-0,0481	-0,08
9,18	-0,096	-0,1001
12,43	-0,231	-0,2344

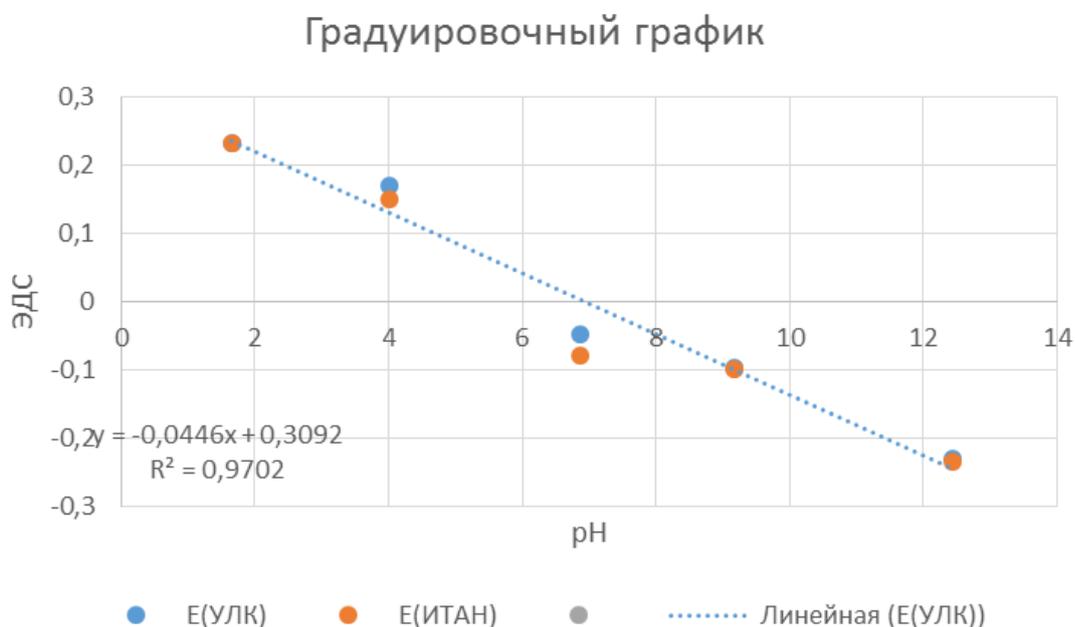


Рисунок 12 – График смещения измеренных ЭДС от прямой линии.

Достаточные отклонения от прямой линии говорят о неточности измерения, и каких-либо проблемах в устройстве. Из возможных проблем

выделялись следующие: большая шероховатость поверхности индикаторного электрода, слишком большая площадь поверхности индикаторного электрода, в процессе измерения участвовал оловянно-свинцовый сплав.

Следующим этапом была проверка возможных проблем. Измерения проводились с маленьким отшлифованным сурьмяным электродом (Sb) и с большим шероховатым сурьмяным электродом (Sb2) в роли индикаторных электродов, в качестве электрода сравнения использовался хлорсеребряный электрод.

В итоге были получены следующие значения ЭДС:

Таблица 2 – Значения ЭДС в зависимости от pH

pH	E(Sb)	E(Sb2)
1,65	-0,0894	-0,1213
4,01	-0,173	-0,1754
6,86	-0,3326	-0,339
9,18	-0,4179	-0,4145
12,43	-0,5897	-0,6264

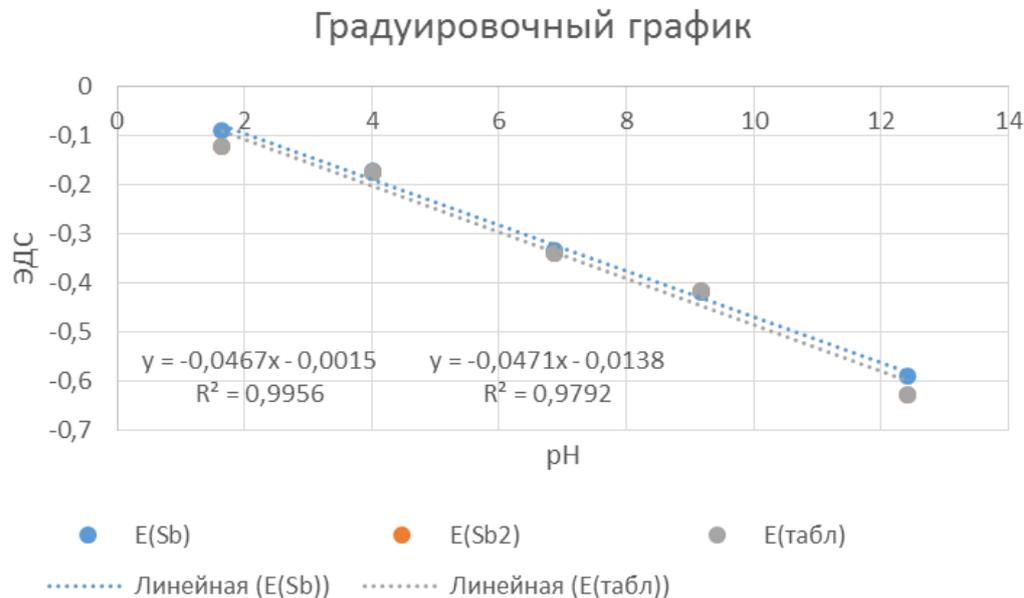


Рисунок 13 – График смещения измеренных ЭДС от прямой линии

Из построенного графика видно, что электрод с большей площадью поверхности дает более сильные отклонения, отсюда были сделаны, что большая шероховатость и большая площадь поверхности сурьмяного электрода

отрицательно сказывается на точности данных. Тем не менее выяснено, что ячейка работоспособна и пригодна для проведения измерений рН.

3.2 Исследование зависимости ЭДС промышленного образца от рН

Проверка промышленного образца проводилась на потенциометре ИТАН в пяти буферных растворах. Показания сравнивались со значениями ЭДС ячейки из стеклянного электрода и хлорсеребряного электрода, в этих же буферных растворах.

В итоге измерений были получены следующие данные и построен градуировочный график:

Таблица 3 – Значения ЭДС в зависимости от рН для цепи из стеклянного и хлорсеребряного электродов

рН	1,65	4,01	6,86	9,18	12,43
ЭДС	0,3215	0,1897	0,0188	-0,1126	-0,2985

Таблица 4 – Значения ЭДС в зависимости от рН для промышленного образца ячейки

рН	1,65	4,01	6,86	9,18	12,43
ЭДС	0,2588	0,1966	0,0395	-0,0479	-0,1975

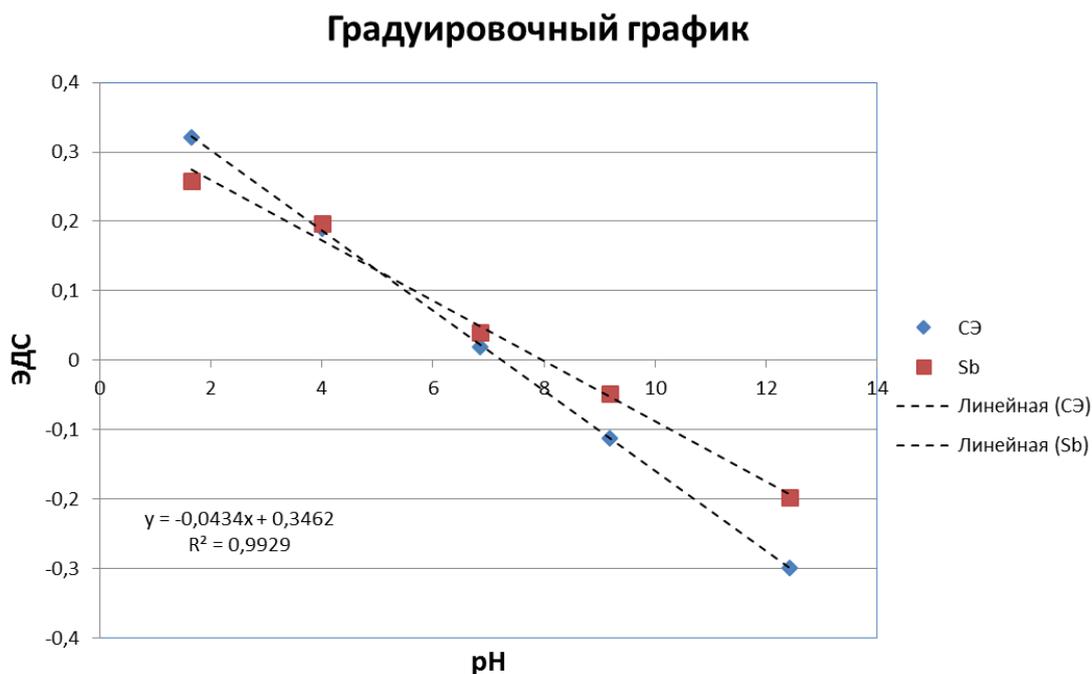


Рисунок 14 – График смещения ЭДС от прямой линии

Как видно из графика показания ЭДС от рН для промышленного образца довольно линейны, за исключением измеренного ЭДС в буферном растворе 4,01. Как показывает практика, такое отклонение является систематическим, и скорее всего является особенностью сурьмяного электрода в растворе с рН со значением 4,01. В целом было выяснено что данная схема потенциометрической ячейки работоспособна, измерения сделаны довольно точно.

3.3 Исследование проницаемости керамической мембраны

Мембрана представляет собой газочувствительный пористый керамический материал, который разделяет внутренний буферный раствор и исследуемый объект. Проницаемость мембраны является её важным физическим показателем, так как только с помощью неё можно определить насколько хорошо мембрана сдерживает жидкость внутри ячейки. Исследования проводились с помощью кондуктометрического метода анализа, на потенциометре УЛК. Для эксперимента брался медицинский шприц на 20мл, обрезался на половину и в носик шприца устанавливалась мембрана. В емкость шприца заливался 0,1 молярный раствор КСl объемом 3 мл. Данная система устанавливалась в стакан с дистиллированной водой объемом 15 мл. Измеренная проводимость дистиллированной воды равна 0,014 мСм, проводимость 0,1 молярного раствора КСl равна 6,278 мСм. По истечению промежутка времени в одну неделю, была измерена проводимость дистиллированной воды, содержащую тот объем раствора КСl, который пропустила мембрана. Проводимость смеси дистиллированной воды и раствора КСl оказалась равной 0,999 мСм. Чтобы понять сколько пропустила мембрана в объеме, к чистой дистиллированной воде по каплям добавлялся 0,1 М раствор КСl, до тех пор пока не было получено значение проводимости в 0,999 мСм. Было выявлено, что мембрана в течении семи способна пропустить раствор КСl в объеме приблизительно 0,65 мл.

3.4 Исследование проницаемости керамической мембраны в промышленном образце

В этом случае, мембрана проверялась на проницаемость в закрытой ячейке.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Цель выпускной квалификационной работы заключается в разработке ячейки для измерения рН природных вод с системой автокалибровки и исследовании её работы.

Потенциальными потребителями, применяющими данное устройство при измерении рН вод, почвенных объектов, являются экологические службы контроля состояния окружающей среды, частные компании, в интересы которых входит исследование химических показателей объектов.

4.1.2 Технологий QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и её перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1. Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:
 - влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
 - перспективность рынка;
 - пригодность для продажи;
 - перспективы конструирования и производства;

- финансовая эффективность;
- правовая защищенность.

2. Показатели оценки качества разработки:

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки.

Для сравнения конкурентоспособности термогравиметрического метода выбран метод сканирующей электронной микроскопии. Выбранные показатели для оценки конкурентоспособности метода показаны в таблице 5.

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Помехоустойчивость	0,15	85	100	0,85	0,1275
2. Надежность	0,2	97	100	0,97	0,194
3. Уровень материалоемкости разработки	0,1	95	100	0,95	0,095
4. Безопасность	0,05	50	100	0,5	0,025
5. Простота эксплуатации	0,15	90	100	0,9	0,135
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
6. Конкурентоспособность	0,1	90	100	0,9	0,09
7. Цена	0,15	60	100	0,6	0,09
8. Финансовая эффективность научной	0,1	80	100	0,8	0,08

разработки					
Итого	1				0,8365

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (10)$$

где $P_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

$$P_{\text{ср}} = 0,15 * 85 + 0,2 * 97 + 0,1 * 95 + 0,05 * 50 + 0,15 * 90 + 0,1 * 90 + 0,15 * 60 + 0,1 * 80 = 84\%$$

Показатель $P_{\text{ср}}$ равный 84% говорит о том, что разработка является перспективной и поэтому ее следует развивать.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение

исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследований	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Построение модели	Студент
	6	Проведение экспериментов	Студент
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ данных	Студент
Оформления отчета по НИР	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, студент

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (11)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (12)$$

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

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

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

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (13)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;
 $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} (1,48) = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (14)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году (366);
 $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году (111);
 $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году (8).

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу (табл. 11).

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}			Длительность работ в календарных днях, T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ож}$, чел-дни				Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3							
Составление и утверждение технического задания	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Подбор и изучение материалов по теме	6	6	6	13	13	13	8,8	8,8	8,8	Студент	9	9	9	14	14	14
Выбор направления исследований	3	3	3	7	7	7	4,6	4,6	4,6	Руководитель	5	5	5	8	8	8
Календарное планирование работ по теме	2	2	2	6	6	6	3,6	3,6	3,6	Руководитель	4	4	4	6	6	6
Построение модели	3	5	8	10	10	15	5,8	7	10,8	Студент	6	7	11	9	11	17
Проведение экспериментов	7	10	16	12	17	28	9	12,8	20,8	Студент	9	13	21	14	20	31
Анализ данных	9	10	7	12	14	13	10,2	11,6	9,4	Студент	10	12	9	15	18	14
Составление пояснительной записки	11	16	20	17	25	30	13,4	19,6	24	Руководитель- Студент	7	10	12	11	15	18

На основе таблицы 11 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени, отведённый на написания ВКР. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 12 – Календарный план график проведения НИР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кп} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ														
				Фев.		Март			Апрель			Май			Июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление ТЗ	Руководитель	3	■														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	14	□														
3	Выбор направления исследований	Руководитель	8			■												
4	Календарное планирование	Руководитель	6				■											
5	Построение модели	Студент	17					□										
6	Проведение экспериментов	Студент	31							□								
7	Анализ данных	Студент	18										□					
8	Составление пояснительной записки	Руководитель- Студент	18													■	□	

■ - руководитель; □ - студент.

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования

4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

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

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i}, \quad (15)$$

где k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

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

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

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

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах от 15 до 25 процентов от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 13.

Таблица 13 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы (Z_M), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Сурьма	кг	0,07	0,08	0,07	600	610	640	42	49	45
Шприц	шт.	1	2	1	25	25	25	25	50	25
Литьевой воск	кг	0,01	0,01	0,01 5	450	450	450	5	5	7
Пропан	шт.	2	2	2	80	80	80	160	160	160
Формомасса	кг	0,15	0,2	0,2	150	150	150	23	30	30
Капролон	кг	0,5	0,5	0,5	500	470	500	250	235	250
Буферный раствор	шт.	5	5	5	150	130	150	750	750	750
Итого								1255	1279	1267

4.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

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

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу X. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15 процентов от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат на приобретение оборудования для научных работ

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования			Цена единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Потенциометр УЛК	1	1	1	6000	6400	5900	6000	6400	5900
Потенциометр ИТАН	1	1	1	7000	7500	6800	7000	7500	6800
Стеклянный электрод	1	1	1	1400	1500	1800	1400	1500	1800
Хлоридсеребряный электрод	1	1	1	1000	1100	1350	1000	1100	1350
Итого							15400	16500	15850

4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки:

$$C_{осн/зн} = \sum t_i \cdot C_{зн_i}, \quad (16)$$

где t_i – затраты труда, необходимые для выполнения i -го вида работ, в рабочих днях,

$C_{зн_i}$ – среднедневная заработная плата работника, выполняющего i -ый вид работ, (руб./день).

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$C_{зн_i} = \frac{D + D \cdot K}{F}, \quad (17)$$

где D – месячный оклад работника (в соответствии с квалификационным уровнем профессиональной квалификационной группы),

K – районный коэффициент (для Томска – 30%),

F – количество рабочих дней в месяце (в среднем 22 дня).

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, раб. дн.			Основная заработная плата, руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	14,575	861,25	18	21	23	15503	18086	19809
Студент	5,708	337,29	41	51	62	13829	17202	20912
ИТОГО						29332	35288	40721

4.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}, \quad (18)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таблица 16 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	15503	18086	19809	0,15	2325,45	2712,9	2971,35
Студент	13829	17202	20912		2074,35	2580,3	3136,8
Итого					4399,8	5293,2	6108,15

4.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (19)$$

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

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

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Научный руководитель	15503	18086	19809	2325,45	2712,9	2971,35
Студент	13829	17202	20912	2074,35	2580,3	3136,8
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	9141,32					
Исполнение 2	10997,5					
Исполнение 3	12690,7					

4.2.4.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (20)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов принимаем равным 0,5.

$$\text{Исполнение 1. } Z_{\text{накл}} = (1255+15400+36417+5462,55+11349,35) \cdot 0,5 = 34941,95$$

$$\text{Исполнение 2. } Z_{\text{накл}} = (1279+16500+46006+6900,9+14337,77) \cdot 0,5 = 42511,84$$

$$\text{Исполнение 3. } Z_{\text{накл}} = (1267+15850+54519+8177,85+16990,84) \cdot 0,5 = 145207,04$$

4.2.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при

формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НТИ	1255	1279	1267	
2. Затраты на спецоборудование для научных работ	15400	16500	15850	
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	29332	35288	40721	
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4399,8	5293,2	6108,15	
5. Отчисления во внебюджетные фонды	9141,32	10997,5	12690,7	
6. Накладные расходы	29764,06	34678,85	38318,42	
7. Бюджет затрат НТИ	89292,18	104036,55	114955,28	Сумма ст. 1-6

Таким образом, исходя из результатов таблицы 18 следует, что наиболее затратным является исполнение 3, наименее затратным – исполнение 1.

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший

интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (21)$$

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

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

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

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (22)$$

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;

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Помехоустойчивость	0,15	4	5	5
2. Надежность	0,2	5	5	5

Продолжение таблицы 19

3. Уровень материалоемкости разработки	0,1	5	5	5
4. Безопасность	0,05	3	4	3
5. Простота эксплуатации	0,15	5	4	5
6. Конкурентоспособность	0,1	5	4	5
7. Цена	0,15	3	3	4
8. Финансовая эффективность научной разработки	0,1	5	4	4
Итого	1			

$$I_{p1} = 0,15 * 4 + 0,2 * 5 + 0,1 * 5 + 0,05 * 3 + 0,15 * 5 + 0,1 * 5 + 0,15 * 3 + 0,1 * 5 = 4,45$$

$$I_{p2} = 0,15 * 5 + 0,2 * 5 + 0,1 * 5 + 0,05 * 4 + 0,15 * 4 + 0,1 * 4 + 0,15 * 3 + 0,1 * 4 = 4,3$$

$$I_{p3} = 0,15 * 5 + 0,2 * 5 + 0,1 * 5 + 0,05 * 3 + 0,15 * 5 + 0,1 * 5 + 0,15 * 4 + 0,1 * 4 = 4,65$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p1}}{I_{финр1}}, I_{исп2} = \frac{I_{p2}}{I_{финр2}} \text{ и т.д.} \quad (23)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. *Сравнительная эффективность проекта* ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (24)$$

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,77	0,905	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,45	4,3	4,65
Интегральный показатель эффективности	5,78	4,75	4,65
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,82	0,8

4.4 Вывод

В данном разделе был проведён анализ конкурентных технических решений для разработки потенциометрической ячейки для измерения рН природных вод с системой автокалибровки.

Определена трудоёмкость выполнения работ студентом и научным руководителем проекта в трёх исполнениях, а также составлен календарный план-график проведения НИР по теме.

Был рассчитан бюджет проведения научно-технического исследования. Наиболее затратным является исполнение 3 (114955,28 рублей), наименее затратным – исполнение 1 (89292,18 рублей).

Так же была определена эффективность трёх исполнений разработки. Эффективность первого исполнения равна 1, второго 0,82, третьего 0,8.

Таким образом, наиболее эффективным является исполнение 1.

5 Социальная ответственность

5.1 Введение

Данная выпускная квалификационная работа заключается в разработке ячейки для измерения рН природных вод с системой автокалибровки. Объектом исследования при ее выполнении является ячейка для измерений рН, а рабочей зоной – лабораторная комната с расположенными в ней приборами, инструментами для изготовления отдельных частей данного прибора и рабочим местом для лаборанта.

В результате работы будет изготовлено данное устройство для рН-метрии, которое послужит для исследования химических показателей природных вод и антикоррозийного мониторинга.

Для разработки данного устройства изготавливаются сурьмяные электроды методом литья по выплавляемым моделям, корпус устройства будет изготовлен на производственном участке другой организации. После сборки устройства будет произведена экспериментальная часть.

В данном разделе рассмотрим все возможные вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть во время проведения подготовительного действия перед исследованием, а именно изготовление сурьмяных электродов.

5.2 Производственная безопасность

5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности

Объектом исследования является сурьмяные электроды. Соответственно при этом следует рассмотреть такие вредные факторы, как токсичность и запыленность данным полуметаллом, канцерогенность инъекционным воском.

Токсичность и запыленность сурьмой

Токсичность сурьмы в значительной степени обусловлена ее местным раздражающим действием. В высоких концентрациях она раздражает глаза, кожу и слизистые. При длительном контакте может развиваться конъюнктивит. При раздражении верхних дыхательных путей возможен фарингит. Местное раздражение, вызванное оксидом трехвалентной сурьмы, может привести к ларингиту, трахеиту и пневмониту. При остром отравлении оксидом пятивалентной сурьмы возможно развитие синдрома острого повреждения легких. Кроме того, оксиды сурьмы вызывают литейную лихорадку. При остром отравлении быстро появляются рвота, боль в животе, понос. При тяжелых отравлениях может развиваться геморрагический гастрит. При длительном профессиональном контакте с пылью, содержащей сурьму, с высокой частотой наблюдаются язвы желудка и кишечника.

Процесс изготовления электродов состоит из следующих операций: плавка, литье, шлифовка заготовок. ПДК сурьмы в воздухе рабочей зоны составляет $0,5 \text{ мг/м}^3$, оксидов сурьмы 1 мг/м^3 по ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». Для защиты рабочего персонала требуется использовать фильтрующие маски и защитные очки.

Канцерогенность инъекционного воска

Инъекционный воск представляет собой специальную смесь на основе восков и парафинов и других веществ, которая используется при литье по выплавляемым моделям, и служит той выплавляемой формой в которую в последующем отливается металл, либо полуметалл. В общем случае, состав любого воска – это смесь углеводородов предельного ряда с добавлением сополимеров. Расплавленный воск при инъекции и вытопке выделяет ряд канцерогенных соединений, в основном, акрилатов. При постоянной работе с расплавленным воском нужно пользоваться вентиляцией, при непостоянной работе достаточно обойтись фильтрующими масками.

5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности

Вероятность получение ожогов в результате термического воздействия присутствует. Температура плавления сурьмы 630°C, пламя бензиновой горелки достигает 1400°C. В процессе плавки следует использовать перчатки в качестве средства индивидуальной защиты.

Перед началом работы со шлифовальным станком, либо бормашиной, следует проверить соединения всех контактов и убедиться в отсутствии нарушения целостности защитного покрытия питательных узлов.

Так же вероятно получение травм от движущихся деталей шлифовального станка. Предусмотрены следующие средства защиты при шлифовальных работах: рукавицы, защитные очки, защитные фильтрующие маски.

При работе с горелкой и расплавленным металлом возможно возникновение пожара. При возникновении пожара необходимо немедленно прекратить процесс плавки или литья, и с помощью огнетушителя попытаться самостоятельно потушить очаг возгорания.

5.3 Экологическая безопасность

В процессе резки, шлифовки остается достаточно большое количество остатков сурьмы в виде опилок. Данные остатки смываются водой при мытье приспособлений, и попадают в трубопроводную систему. Из-за этого сурьма может попасть в почву и в подземные воды, что в свою очередь несет вред окружающей среде, так как концентрация сурьмы превышает норму. В ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» ПДК сурьмы в воде равно 0,005 мг/л. Это превышение

может оказать пагубное влияние на употребляющих такую воду людей, скот и растения.

Для того чтобы избавиться от этого пагубного воздействия можно использовать способ вторичной переработки остатков который заключается в переплавке опилок сурьмы в слитки. В таком случае можно избежать каких-либо источников загрязнения окружающей среды.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности.

Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций являются, во-первых, внутренние, к которым относятся: сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина. Во-вторых, внешние чрезвычайные ситуации, – это стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов и т.д.

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Возникновение пожара в лаборатории может быть обусловлено работой с горелкой, либо при литье.

Следовательно, для целей обеспечения пожарной безопасности должна проводиться предварительная проверка исправности оборудования, в системе горелка – топливо должны стоять обратные клапаны. Следует осторожно обращаться с оборудованием повышенной опасности, при завершении работ убедиться, что все клапаны закрыты. При литье не следует превышать

давление, необходимое для заливки металла в форму, так как может произойти выплескивание металла. Также всегда есть вероятность дополнительной пожарной опасности, которая требует соответствующих мер пожарной профилактики.

Пожарная профилактика – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара. Успех борьбы с пожаром во многом зависит от его своевременного обнаружения и быстрого принятия мер по его ограничению и ликвидации.

Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожароопасности, анализируемое в данной работе помещение относится в категории Г.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещений предприятия;
- издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

В лабораторной комнате должны висеть огнетушители, а также силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить его. На видном месте в коридорах вывешены инструкции и обязанности сотрудников и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар

самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

5.5 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Рабочее место является первичным звеном производства, оно представляет собой определенный участок производственной площади цеха, предназначенный для выполнения одним рабочим порученной работы, специально приспособленный и технически оснащенный в соответствии с характером этой работы. От того, насколько правильно и рационально будет организовано рабочее место, зависит безопасность и производительность труда. Как правило, каждое рабочее место оснащено основным и вспомогательным оборудованием и соответствующим инструментом. Отсутствие на рабочем месте удобного вспомогательного или нерациональное расположение, захламленность создают условия для возникновения травматизма.

В рабочее место входит: стол с измерительным оборудованием, муфельная печь, стол с литейным оборудованием и приспособлениями, умывальник.

При работе должны быть предусмотрены перерывы длительностью 20 мин через 1- 2 ч после начала работы, длительностью 30 мин примерно через 2 ч после обеденного перерыва; обеденный перерыв длительностью не менее 40 мин находится примерно в середине рабочего дня. Перерывы должны использоваться для активного отдыха и лечебно-профилактических мероприятий и процедур.

Процесс создания ячейки для измерений рН и проведение этих измерений не является работой, при которой нужна высокая освещенность. При этом разряд работы будет Vв, для данного разряда требуется освещенность в 200 лк при системе общего освещения.

Персоналу, который работает с токсичными полуметаллами необходимо при себе иметь такие средства индивидуальной защиты, как: халат, защитные очки, перчатки (руковицы), фильтрующая маска.

Заключение

При выполнении выпускной работы была изучена литература о мониторинге природных вод, методам определения рН и электродам. В ходе выполнения работы были отлиты сурьмяные электроды, изготовлены тестовый и промышленный образец ячейки для измерения рН с системой автокалибровки, исследованы показания работы сурьмяных электродов разных размеров, с различной шероховатостью поверхности, исследованы значения ЭДС ячеек в зависимости от буферных растворов с различным значением рН. Методом кондуктометрии были проведены измерения проводимости раствора, полученного после проведения экспериментов с проницаемостью мембраны. На основе полученных данных были сделаны выводы, что схема потенциометрической ячейки, сочетающей в себе два одинаковых электрода работоспособна, показания её работы достаточно точны, ячейка готова для её эксплуатации в полевых экспресс-исследованиях. Полученные результаты исследования в дальнейшем послужат исходными данными для разработки комплекса для мобильного коррозионного мониторинга Кортес.

Список использованных источников

1. Мониторинг водных ресурсов. [Электронный ресурс] – URL: <http://gis.krasn.ru/blog/content/monitoring-vodnykh-r..> – свободный. – Загл. с экрана – Яз. Рус. Дата обращения 10.05.2016 г.
2. Постановление Правительства РФ от 10 апреля 2007 г. N 219 "Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов".
3. Мониторинг водных ресурсов. Учебное пособие / Мидоренко Д.А., Краснов В.С. // – Тверь, ТвГУ. – 2009. – С. 50-54.
4. СанПиН 2.1.4.027-95. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения.
5. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Теоретические основы. Качественный анализ, книга первая, изд. 4-е. М.: Химия, 1976. – 134 с.
6. Определение кислотности воды. [Электронный ресурс] – URL: <http://estnauki.ru/himiya/4-himiya/14972-opredelenie-..> – свободный. – Загл. с экрана – Яз. Рус. Дата обращения 15.05.2016 г.
7. Латыпова М.М., Порожняк Л.А., Тарасова Г.И., Василенко Т.А., Химия окружающей среды: Методические указания. – 2-е изд., перер. и доп. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2008 – 70 с.
8. Белюстин А.А. Потенциометрия: физико-химические основы и применения. Учебное пособие. М.: Лань, 2015. – 119 с.
9. Никольский Б.П. Сборник практических работ по физической химии. Выпуск 2. М.: Ленинградский университет, 1956. – 83 с.
10. Болотов В.В., Гайдукевич А.Н., Свечникова Е.Н., Сыч Ю.В., Жукова Т.В., Микитенко Е.Е., Дынник Е.В., Зареченский М.А., Колесник С.В. Аналитическая химия. Учебное пособие для студентов фармацевтических вузов и факультетов 3-4 уровней аккредитации. М.: НФАУ «Золотые страницы», 2001. — 455 с.

11. Определение рН / Кузнецов В. В. // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – №4 – Т. 7. С.49-50.
12. Герасимова Н.С. Потенциометрические методы анализа: Методические указания к выполнению домашних заданий по аналитической химии. М.: МГТУ им. Баумана, 2010. – 13 с.
13. Романенко С.В. Равновесные электродные процессы. Потенциометрия. Методические указания. М.: ТПУ, 2004. – 26с.
14. Краснов К.С., Воробьев Н.К., Годнев И.Н.. Физическая Химия. Книга 2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ. М.: Высшая школа, 1995. – 89 с.
15. Скорчеллетти В.В. Теоретическая электрохимия. Издание четвертое. М.: «Химия», 1974. – 267 с.
16. Девис С., Джеймс А. Электрохимический словарь. Мир, 1979, 288 стр.
17. Физическая химия / Под ред. К. С. Краснова. М.: Высш. шк.,1995.– Ч.1.– 512 с.; Ч.2. – 319 с
18. Потенциометрия: Рекомендации по выбору электродов. [Электронный ресурс] – URL: <http://anchem.ru/literature/books/01.asp> – свободный. – Загл. с экрана – Яз. Рус. Дата обращения 26.05.2016 г.
19. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. – М.: Высш. шк., 1988.– 486 с.; 1999. – 527 с.; 2001 – 527 с.
- 20 Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
- 21 Романенко С.В. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения

ТПУ / Сост. С.В. Романенко, Ю.В. Анищенко – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 11 с.