

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Автоматизированный контроль содержания хлорид-ионов при мониторинге природных и технологических вод

УДК 504.064.36–027.43:502.51:661.421

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM51	Башарова Александра Юрьевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина Анна Николаевна	Кандидат химических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. Менеджмента ИСГТ	Баннова Кристина Алексеевна	канд. экон. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ЭБЖ ИНК	Романенко Сергей Владимирович	Доктор хим. наук		

Томск – 2017 г.

**Планируемые результаты обучения по ООП по направлению
«Техносферная безопасность»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять <i>глубокие</i> математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные знания при осуществлении изысканий и <i>инновационных</i> проектов создания и оптимизации методов и средств обеспечения безопасности человека и окружающей среды от техногенных и антропогенных воздействий	Требования ФГОС (ПК-1–4, 6; ОПК-1–3, 5; ОК-4)*, Критерий 5 АИОР† (п.1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р2	<i>Создавать</i> и использовать на основе <i>глубоких и принципиальных</i> знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии по защите человека в техносфере, а также для повышения надежности и устойчивости технических объектов, поддержания их функционального назначения в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС (ПК-5, 7; ОПК-1–3, 5; ОК-5, 6), критерии АИОР Критерий 5 АИОР (пп. 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р3	Проводить <i>инновационные</i> инженерные исследования опасных природных и техногенных процессов и систем защиты от них, включая <i>критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, формулировку выводов в условиях неоднозначности</i> с применением <i>глубоких и принципиальных</i> знаний и <i>оригинальных</i> методов в области современных информационных технологий, современной измерительной техники и методов измерения.	Требования ФГОС (ПК-8–13; ОПК-1–3, 5; ОК-9, 10), Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р4	Организовывать и руководить деятельностью подразделений по защите среды обитания и безопасному размещению и применению технических средств в регионах, осуществлять взаимодействие с государственными службами в области экологической, производственной,	Требования ФГОС (ПК-14–18; ОПК-1–5; ОК-1, 8), Критерий 5 АИОР (п.1.6), согласованный с требованиями

* Указаны коды компетенций по ФГОС ВО (направление 20.04.01 – Техносферная безопасность).

† Критерии АИОР (Ассоциации инженерного образования России) согласованы с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI*

	пожарной безопасности, защиты в чрезвычайных ситуациях, применять на практике теории принятия управленческих решений и методы экспертных оценок.	международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Организовывать мониторинг в техносфере, составлять краткосрочные и долгосрочные прогнозы развития ситуации на основе его результатов с использованием <i>глубоких фундаментальных и специальных</i> знаний, аналитических методов и <i>сложных</i> моделей в условиях <i>неопределенности</i> , анализировать и оценивать потенциальную опасность объектов экономики для человека и среды обитания и разрабатывать рекомендации по повышению уровня безопасности объекта	Требования ФГОС (ПК-19, 21, 22; ОПК-1–5; ОК-2), Критерий 5 АИОР (пп.1.2, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Проводить экспертизу безопасности и экологичности технических проектов, производств, промышленных предприятий и территориально-производственных комплексов, аудит систем безопасности, осуществлять мероприятия по надзору и контролю на объекте экономики, территории в соответствии с действующей нормативно-правовой базой	Требования ФГОС (ПК-20, 23–25; ОПК-1–3, 5), Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Общекультурные компетенции		
P7	Использовать <i>глубокие</i> знания в области проектного менеджмента, в том числе <i>международного менеджмента</i> , находить и принимать управленческие решения с соблюдением профессиональной этики и норм ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов в области техносферной безопасности.	Требования ФГОС ВО (ОК-7, ОК-8; ОПК-1–3, 5; ПК-4, ПК-6) Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	<i>Активно владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в интернациональной профессиональной среде, включая разработку документации, презентацию и защиту результатов <i>инновационной</i> инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-4–6, 10–12; ОПК-3), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально, а также в качестве <i>руководителя группы</i> с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области техносферной безопасности, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам	Требования ФГОС (ОК-1-3, 8; ОПК-1–4), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Р10	Демонстрировать <i>глубокое знание</i> правовых, социальных, экологических и культурных аспектов <i>инновационной инженерной деятельности</i> , <i>компетентность</i> в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, 5; ОПК-2–3; ПК-18, 19), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р11	Понимать необходимость и уметь <i>самостоятельно учиться</i> и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-2–4), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки техносферная безопасность
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Романенко С. В.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1EM51	Башаровой Александре Юрьевне

Тема работы:

Автоматизированный контроль содержания хлорид-ионов при мониторинге природных и технологических вод	
Утверждена приказом директора ИНК	1290/с от 01.03.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе:

Объектом исследования является средство автономного мониторинга водных объектов и технологических жидких сред, с возможностью непрерывного контроля параметров исследуемых объектов.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов:

1. Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области;
2. Постановка задачи исследования;
3. Содержание процедуры исследования;
4. Разработка экономического раздела;
6. Разработка раздела социальной ответственности;
7. Результаты выполненной работы.

Перечень графического материала:

- Рисунок 1 – Электрохимическая ячейка
Рисунок 2 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов
Рисунок 3 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов в аналогичных системах с двумя разными ионселективными электродами
Рисунок 4 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов для одного ионселективного в качестве электрода сравнения и второго ионселективного в качестве рабочего
Рисунок 5 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов
Рисунок 6 – Зависимость измеренного потенциала от температуры раствора
Рисунок 7 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов (холостые пробы)
Рисунок 8 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов ($C_s=5$ мг/л)
Рисунок 9 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов ($C_s=50$ мг/л)
Рисунок 10 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов ($C_s=500$ мг/л)
Рисунок 11 – Стабильность результатов измерений предложенной ячейки при концентрации хлорид-ионов 300 мг/л
Рисунок 12 – Диаграмма Исикава

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Баннова Кристина Алексеевна
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина Анна Николаевна	Кандидат химических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM51	Башарова Александра Юрьевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1EM51	Башарова Александра Юрьевна

Институт	ИНК	Кафедра	Экологии и БЖД
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Техносферная безопасность

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Финансовые ресурсы: 83 190,413 руб. Человеческие ресурсы: 2 чел. Использовалась система отчислений на социальные нужды
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	1. Оценка готовности проекта к коммерциализации 2. Метод коммерциализации результатов НТИ
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	1. Цели и результат проекта 2. Организационная структура проекта 3. Ограничения и допущения проекта
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	1. Иерархическая структура работ проекта 2. Контрольные события проекта 3. План проекта 4. Бюджет научного исследования 5. Организационная структура проекта 6. Матрица ответственности 7. Реестр рисков проекта

Перечень графического материала :

1. Сегментирование рынка экологических работ и услуг 2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок 3. Диаграмма Исикава 4. Матрица SWOT-анализа 5. Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации 6. Заинтересованные стороны проекта 7. Рабочая группа проекта 8. Этапы выполнения дипломной работы 9. Календарный план проекта 10. Линейный график выполнения работ 11. Расчет затрат на материалы 12. Расчет затрат на спецоборудование 13. Фонд заработной платы 14. Отчисления во внебюджетные фонды 15. Затраты на электроэнергию 16. Амортизация оборудования 17. Группировка затрат по статьям
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. Менеджмента ИСГТ	Баннова Кристина Алексеевна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM51	Башарова Александра Юрьевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
1EM51		Башарова Александра Юрьевна	
Институт	ИНК	Кафедра	Экологии и БЖД
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования и области его применения	Конструкция автономного средства непрерывного мониторинга водных объектов по показателю содержания хлорид-ионов
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность Анализ выявленных вредных и опасных факторов при разработке проектируемой конструкции автономного средства непрерывного мониторинга водных объектов по показателю хлорид-ионов</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Метеорологические условия рабочей среды; – Освещение рабочей зоны; – Безопасность при работе с химическими веществами; – Расчет потребного воздухообмена; – Шум и вибрация; – Электробезопасность; – Пожаровзрывобезопасность; – Мероприятия по защите сотрудника от вредных и опасных факторов рабочей среды.
<p>2. Экологическая безопасность Анализ влияние процесса исследования на окружающую среду</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – Мероприятия по защите окружающей среды
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – Разработка порядка действий при возникновении ЧС.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Специальные правовые нормы трудового законодательства; – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM51	Башарова Александра Юрьевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 110 страницах, включает в себя 12 рисунков, 25 таблиц, 30 источник и 1 приложение.

Ключевые слова: окружающая среда, мониторинг, водные объекты, показатели воды, хлориды, контроль, средства измерений.

Объектом исследований является методика непрерывных и автономных измерений параметров водных объектов в электрохимической ячейке при помощи двух идентичных ион-селективных электродов.

Целью данной работы было – рассмотреть возможность разработки средства автономного мониторинга природных водных объектов и технологических жидких сред по показателю содержания хлорид-ионов.

В процессе исследования проводились изучение литературных источников, постановка цели и задач, экспериментальные исследования.

В результате исследования была показана возможность осуществления контроля содержания хлорид-ионов в жидких средах.

Область применения: мониторинг водных объектов.

Также была проведена оценка экономической эффективности проведения данного исследования и рассмотрен раздел социальной ответственности.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Пределно допустимая концентрация (ПДК) — концентрация химических элементов и их соединений в окружающей среде, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний, устанавливаемых современными методами исследований в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Биологическое потребление кислорода (БПК) — количество кислорода, израсходованное на аэробное биохимическое окисление под действием микроорганизмов и разложение нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде.

Химическое потребление кислорода (ХПК) — количество кислорода (или окислителя в пересчете на кислород) в мг/л, необходимое для полного окисления содержащихся в пробе органических веществ, т.е. всех способных окисляться элементов из состава органического соединения.

Произведение растворимости (ПР) — произведение концентраций ионов малорастворимого электролита в его насыщенном растворе при постоянной температуре и давлении.

Оглавление

Определения, сокращения, нормативные ссылки	10
ВВЕДЕНИЕ.....	13
1. система экологического мониторинга	15
1.1. содержание Хлоридов в водных объектах	17
1.2. сточная вода.....	18
1.2.1. Общая характеристика	18
1.2.2. Вредное воздействие хлоридов	22
2. Методы определения хлоридов в водных объектах	24
2.1. Химические методы определения хлорид-иона	25
2.2. Инструментальные методы определения хлорид-ионов	28
3. ПРИБОРЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОД	32
4. Экспериментальная часть.....	39
4.1 Метод ионометрии.....	39
4.2. Приборы и реактивы.....	41
4.3. Определение концентрации хлорид-ионов	42
4.4. Автоматизация измерений контролируемого параметра	44
4.5. Проверка результатов измерений.....	52
ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	53
1. Предпроектный анализ.....	53
1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	53
1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	56
1.3. Диаграмма Исикава	58
1.4. SWOT-анализ.....	61
1.5. Оценка готовности проекта к коммерциализации	64
1.6. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	65
2. Инициация проекта.....	66
3. Планирование управления научно-техническим проектом	69

3.1. План проекта	70
3.2. Бюджет научного исследования.....	73
Социальная ответственность.....	81
1. Профессиональная социальная ответственность.....	82
1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	82
1.2. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	90
2. Экологическая безопасность.....	92
2.1. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.....	92
2.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	92
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	93
3.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	93
3.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	94
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	95
4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства, характерные для рабочей зоны.....	95
4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей.....	95
Заключение	96
Список публикаций студента.....	97
Список использованных источников	98
ПРИЛОЖЕНИЕ	101
AUTOMATION OF MEASURED PARAMETER MEASUREMENTS	102

ВВЕДЕНИЕ

Защите окружающей среды от возрастающей антропогенной нагрузки в настоящее время уделяется все большее внимание во всем мире. Развитие промышленности, в том числе и химической, увеличение добычи ископаемого сырья, расширение использования транспорта сопровождается поступлением в окружающую среду больших количеств различных загрязняющих веществ.

Сильное загрязнение окружающей среды (воды, воздуха, почвы) приводят к возникновению неблагоприятных последствий: нарушению нормальной жизнедеятельности биосферы, изменению климата, исчезновению многих видов растений и животных, ухудшению здоровья населения.

Для предотвращения или снижения загрязнения издаются природоохранные законы и проводятся различные мероприятия – технологические, санитарно-технические, технические, правовые, медицинские и т.п. В основе всех мероприятий лежит контроль за содержанием вредных веществ, который регламентируется санитарно-гигиеническими нормативами – ПДК. Контроль необходим для получения информации об уровне загрязнения, а также об источниках выбросов, причинах и факторах, определяющих загрязнение. Полученные данные позволяют выбирать или проводить защитные, оздоровительные мероприятия и следить за их выполнением.

К качеству контроля предъявляются требования надежности и точности, применяемые методы должны быть достаточно чувствительны и избирательны. Независимо от техники выполнения надежность результатов анализа зависит от учета возможных химических, фотохимических и биохимических превращений загрязняющих веществ в разных средах, а также возможности миграции их из одной среды в другую. Данные о загрязнении одной среды должны увязываться с данными о загрязнении другой среды [1].

Охрана и рациональное использование водных ресурсов представляют собой важнейшую проблему в современном мире. В составе инженерных коммуникаций большинства промышленных предприятий и коммунального хозяйства населенных пунктов имеется комплекс канализационных сетей и

сооружений, с помощью которых осуществляется водоотведение, предварительная и глубокая обработка сточных вод [1]. В настоящее время процесс контроля параметров сточных вод до очистных сооружений и после очистных мероприятий проводят в основном вручную. Отбор проб, пробоподготовка, проведение анализа, обработка результатов требуют определенных временных ресурсов и высокой квалификации персонала. Перечень контролируемых параметров сточных вод достаточно широк и регламентирован нормативной документацией [2]. Однако в связи с серьезным ужесточением требований по воздействию на окружающую среду (сброс сточных вод и т.д.) становится актуальной задача получения оперативной информации о изменении уровня негативного воздействия. Поэтому в последнее время все большее внимание уделяется разработке систем автоматизированного контроля параметров среды (воздушной, водной и т.д.).

Целью данной работы было – рассмотреть возможность разработки средства автономного мониторинга природных водных объектов и технологических жидких сред по показателю содержания хлорид-ионов.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. подготовить литературный обзор по методам контроля содержания хлорид-ионов в водных объектах, в том числе с использованием иностранных источников;
2. провести исследования возможности автоматизации метода ионометрии (проверка стабильности предлагаемой системы, исследование влияния температуры на определяемый параметр среды, проверка правильности метода и т.д.);
3. изучить приемы, методы и способы обработки, представления результатов проведенных исследований.

1. СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Система экологического мониторинга – это система мероприятий по обеспечению процесса управления природоохранной деятельностью и экологической безопасностью своевременной и достоверной информацией, позволяющей оценить показатели состояния и функциональной целостности экосистем и среды обитания человека, выявить причины изменения этих показателей и оценить последствия таких изменений, создать предпосылки для определения мер по исправлению возникающих негативных ситуаций до того, как будет нанесен ущерб.

Системы мониторинга подразделяется по разным признакам:

- пространственному охвату;
- объекту наблюдения (абиотическая компонента: атмосферный воздух, воды суши и морей, почвы, геологическая среда; биотическая компонента: растительный и животный мир, живая природа на охраняемых природных территориях, человек; физические факторы воздействия: ионизирующее излучение, электромагнитное излучение, тепловое излучение, шумы, вибрация);
- методам (прямое инструментальное измерение, дистанционная съёмка, косвенная индикация, опросы, дневниковые наблюдения);
- степени отношения эффекта и процесса, за которыми ведутся наблюдения;
- типу воздействия (геофизическое, биологическое, медико-географическое, социально-экономическое, общественное);
- целям (определение современного состояния среды, исследование явлений, оценка и градуировка моделей окружающей среды, краткосрочный прогноз, долгосрочные выводы, оптимизация и повышение экономической эффективности исследований и прогнозов, контроль за воздействием на среду и т.д.) [3].

Все классификации систем мониторинга являются достаточно условными. По масштабам обобщения информации выделяют:

- глобальный (биосферный) мониторинг – предусматривает слежение за общемировыми процессами и явлениями в биосфере и осуществление прогноза возможных изменений;
- национальный мониторинг – осуществляется в пределах государства специально созданными органами;
- региональный мониторинг – охватывает отдельные регионы, в пределах которых имеют место процессы и явления, отличающиеся по природному характеру или по антропогенным воздействиям от общего базового фона;
- локальный мониторинг – предусматривает осуществление наблюдений в особо опасных зонах и местах, обычно непосредственно примыкающих к источникам загрязняющих веществ [3].

Основными контролируемыми параметрами сточных вод являются:

1. Количество взвешенных и плавающих примесей.
2. БПК сточных вод, характеристика определяющая количество кислорода, необходимого для биохимического окисления веществ органического происхождения, имеющихся в стоках. То есть, чем более загрязнены стоки, тем большим будет это значение.
3. ХПК сточных вод, определяет количество кислорода, необходимого для химического разложения органических примесей.
4. Кислотность стоков.
5. Содержание различных химических веществ, способных нанести вред, как человеку, так и окружающей среде: главные ионы (хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты, карбонаты, ионы кальция, натрия, калия, жесткость и т.д.) [4].

Мониторинг качества сточной воды требуется для соблюдения местных норм по сбросу сточных вод в окружающую среду промышленными или иными предприятиями, а также для улучшения работы канализационных сетей, станций очистки (снижения текущих материальных затрат).

Основной задачей мониторинга состояния стоков является недопущение загрязнения поверхностных вод. СанПиН по качеству сточных вод ставят достаточно жесткие условия по содержанию вредных примесей в стоках, сброс которых производится в водоемы [5-7].

1.1. СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРИДОВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Хлориды относятся к главным ионам, содержание которых в речных и озерных водах колеблется от доли миллиграммов до граммов в литре; в морских и подземных водах концентрация хлоридов выше – до перенасыщенных растворов и рассолов.

Основными источниками поступления хлоридов в водные объекты является соленосные отложения, магматические породы, в состав которых входят хлорсодержащие минералы (хлорапатит, содомит и др.), вулканические выбросы, засоленные почвы, из которых они вымываются атмосферными осадками. Но гораздо большее количество хлоридов попадает в водные объекты с промышленными и хозяйственными сточными водами.

Хлориды в воде не склонны к образованию ионных пар. Они обладают высокой миграционной способностью, что обусловлено хорошей растворимостью их в воде, слабо выраженной способностью к сорбции взвесями и донными отложениями и практическим отсутствием накопления водными организмами.

Повышенные концентрации хлоридов ухудшают вкусовые качества воды, делая её непригодной для питьевого водоснабжения, а так же уменьшают или полностью исключают возможность использования для технических и хозяйственных целей, и орошения сельскохозяйственных территорий. Для водных объектов рыбохозяйственного назначения предельно допустимая концентрация (ПДК) хлоридов – 300 мг/дм³, для объектов хозяйственно - питьевого и культурно - бытового назначения ПДК – 350 мг/дм³.

Анализ воды на хлор необходим в первую очередь для воды, прошедшей процедуру хлорирования.

Остаточный хлор присутствует в питьевой водопроводной воде. Он весьма летуч и небольшие его концентрации быстро улетучиваются из воды. Но при высоких концентрациях свободный хлор представляет серьезную опасность для здоровья человека. В природных водоемах он присутствовать не должен [8].

1.2. СТОЧНАЯ ВОДА

1.2.1. Общая характеристика

Под окружающей нас средой понимается совокупность «чистой» природы и среды, созданной человеком, — распаханное поле, искусственные сады и парки, обводненные пустыни, осушенные болота, крупные города с особым тепловым режимом, микроклиматом, водоснабжением, большим оборотом различных органических и неорганических веществ и т.д.

Научно-технический прогресс и связанные с ним грандиозные масштабы производственной деятельности человека привели к большим позитивным преобразованиям в мире — созданию мощного промышленного и сельскохозяйственного потенциала, широкому развитию всех видов транспорта, ирригации и мелиорации больших земельных площадей, созданию систем искусственного климата. Вместе с тем резко ухудшилось состояние окружающей среды. Загрязнение атмосферы, водоемов и почвы твердыми, жидкими и газообразными отходами достигает угрожающих размеров, происходит истощение невозобновляемых природных ресурсов — в первую очередь полезных ископаемых и пресной воды. Дальнейшее ухудшение состояния экосферы может привести к далеко идущим отрицательным последствиям для человечества. Поэтому охрана природы, защита ее от загрязнений стала одной из важнейших глобальных проблем [9].

Гидросфера, являясь важнейшим элементом биосферы, играет решающую роль во многих процессах, протекающих в природе и в обеспечении жизни человека. Загрязнение озер, рек, морей и даже океанов принимает такие размеры, что во многих районах превышает их способность к самоочищению.

Основными источниками загрязнения являются: атмосферные воды, несущие вымываемые из воздуха поллютанты (загрязнители) промышленного происхождения; сточные воды промышленных и коммунальных предприятий, крупных животноводческих комплексов, отходы производства при разработке рудных ископаемых; воды шахт, рудников; сбросы водного и железнодорожного транспорта; пестициды и т. д.[9].

Воды, удаляемые после их использования, называют сточными. Более полно сточной водой называется использованная на бытовые или производственные нужды вода, получившая при этом загрязнения, изменившие её первоначальный химический состав или физические свойства, и подлежащая удалению с территории населенного пункта или промышленного предприятия.

Сточные воды классифицируются по следующим параметрам:

1. В зависимости от источника происхождения. Сточные воды могут быть производственными, в том случае, если они образуются в результате технологических процессов. То есть, к примеру, при производстве и добыче полезных ископаемых. Такие сточные воды отводятся через систему промышленной канализации.

2. Бытовые сточные воды. Они образуются в связи с эксплуатацией простых городских жителей водных ресурсов. Образуются как в городских квартирах, так и в помещениях занимающихся какими – либо производственными процессами. Отводятся через систему хозяйственно – бытовой канализации.

3. Дождевые и талые атмосферные сточные воды. Они образуются вследствие таяния льдов, снега или града. Отводятся через систему ливневой канализации [10].

При использовании воды в производственных технологических процессах и в быту она загрязняется различными неорганическими и органическими веществами, как в дисперсном, так и растворенном состоянии, т. е. образуются сточные воды, требующие очистки и обезвреживания для

повторного использования в замкнутых системах водоснабжения или при сбросе в естественные водоемы.

В таблице 1 приведена классификация примесей, отражающая всё их многообразие в сточных водах [10].

Таблица 1 – Классификация примесей воды

Показатели	Примеси			
	Гетерогенные		Гомогенные	
	1 гр.	2 гр.	3 гр.	4 гр.
Размер частиц, см	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-5} - 10^{-6}$	10^{-7}	10^{-8}
Характеристика системы	Взвеси (суспензии, патогенные микроорганизмы и планктон)	Коллоидные частицы (коллоиды, высокомолекулярные соединения)	Молекулярные растворы, растворенные в воде газы и органические вещества	Ионные растворы, электролиты (соли, кислоты, основания)
Влияние примесей на систему	Вызывают помутнение воды	Обуславливают окисляемость и цветность воды	Придают воде запахи и привкусы	Обуславливают минерализацию

В зависимости от происхождения и качественных характеристик примесей сточные воды можно разделить на четыре основные категории:

- промышленные;
- сельскохозяйственные;
- хозяйственно-бытовые (коммунальные, фекальные);
- атмосферные (или дождевые, ливневые).

К хозяйственно-бытовым сточным водам относятся стоки душевых, бань, прачечных, столовых, туалетов и др. Содержание в них азота составляет в среднем 25-30 мг/дм³, а фосфора - 6-8 мг/дм³. Они содержат различные примеси, из которых примерно 58 % органических и 42 % минеральных веществ. Принято считать, что в сточные воды в сутки поступает на одного человека в граммах: аммонийного азота – 7– 8; хлоридов – 8–9; калия – 3; фосфатов – 1,5– 1,8; органических веществ – 5–7. Из органических веществ в сточных водах присутствуют мочевина (до 40%), мыла (до 23,5%), жиры, крахмал и т.д.

Атмосферные сточные воды образуются в результате выпадения дождей или при таянии снега при смывании образующимися потоками воды загрязняющих веществ с селитебных территорий, в том числе городских улиц, промышленных площадок и т.д.

Промышленными сточными водами называются жидкие отходы, которые образуются при добыче органического и неорганического сырья и его переработке в промышленную продукцию, а также в процессе изготовления из него товаров широкого потребления. В зависимости от конечного получаемого продукта и применяемой технологии они содержат разнообразные минеральные и органические вещества.

Промышленные сточные воды подразделяются на условно чистые и грязные. Условно чистыми водами являются воды, получающиеся в процессах охлаждения, конденсации и т.д. Эти воды охлаждаются в городских прудах или градирнях, очищаются от механических примесей и масел, а затем возвращаются в производство при небольшой добавке свежей воды.

Сельскохозяйственные сточные воды подразделяются на сточные воды от животноводческих комплексов и поверхностные стоки с полей. Первый тип сточных вод характеризуется большим количеством органических загрязнителей – до 10 г/дм^3 , высоким содержанием азота – до $1,5 \text{ г/дм}^3$, содержание фосфора $0,06 - 0,10 \text{ г/дм}^3$. Поверхностные сточные воды, поступающие в водные объекты, содержат вещества, используемые в качестве удобрений и средств защиты растений от вредителей (соединения азота, фосфора, калия, пестициды). Концентрация биогенов и пестицидов в них зависит от количества вносимых химикатов, а также от правильности их складирования, хранения и применения.

Грязные сточные воды подлежат очистке. Они могут подвергаться механической, физико-химической, биологической очистке, при этом могут быть использованы как деструктивные, так и регенеративные методы.

Процесс очистки может происходить как на предприятии, так и на городских биологических очистных сооружениях, причем в последнем случае

на предприятии должны уменьшить содержание всех загрязняющих веществ до концентраций, не вызывающих нарушений работы активного ила в аэротенках.

Сточные воды, направляемые на биологическую очистку, характеризуются величиной БПК и ХПК.

БПК – это биохимическое потребление кислорода, или количество кислорода, использованного при биохимических процессах окисления органических веществ (исключая процессы нитрификации) за определенный промежуток времени (2; 5; 8; 10; 20 суток).

ХПК – это химическое потребление кислорода, т.е. количество кислорода, эквивалентное количеству расходуемого окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей, содержащихся в воде. В качестве окислителя используют дихромат калия в среде концентрированной серной кислоты.

Если ХПК существенно превышает БПК, это свидетельствует о высоком содержании биохимически неокисляющихся веществ [10].

1.2.2. Вредное воздействие хлоридов

Вред воды с повышенным содержанием хлоридов для здоровья человека

При попадании в организм человека, а также домашних животных воды, содержащей избыточное количество хлоридов:

- раздражаются слизистые оболочки, глаза, кожные покровы, дыхательные пути;
- проявляется негативное воздействие на секреторную деятельность желудка;
- ухудшается пищеварение;
- нарушается водно-солевой баланс;
- возникает вероятность развития заболеваний системы кровообращения;
- появляется склонность к возникновению новообразований мочеполовых органов, органов пищеварения, желудка, пищевода;

- избыточное поступление в организм хлористого натрия увеличивает частоту сердечно сосудистых заболеваний;
- появляется склонность к гипертензивным состояниям, повышенной реактивности сосудов;
- возникает вероятность желче- и мочекаменных заболеваний. [11].

Вред хлоридосодержащей воды для бытового оборудования

- Ввиду агрессивности воды с избыточным содержанием хлоридов увеличивается интенсивность коррозии металлических поверхностей бытовых приборов;
- появление осадка на нагревательных элементах стиральных и посудомоечных машин, электрических бойлеров, электрочайников приводит эти бытовые электроприборы к несвоевременному выходу из строя;
- поломка бытовых электроприборов увеличивает затраты средств на восстановительный ремонт или их полную замену, вследствие их дальнейшей непригодности [11].

Воздействие на коммуникации

- Коррозия и появление темных пятен на поверхности нержавеющей раковин;
- растворенные в избыточном количестве соли кальция и магния придают воде повышенную жесткость, которая способствует возникновению накипи (осадка) в трубах и на стенках отопительных котлов;
- ввиду меньшей теплопроводности накипи, по сравнению с металлом, из которого изготовлены трубы и нагревательные приборы происходит большая затрата энергии и времени на подогрев воды. Как следствие – недостаточно горячие батареи в помещениях;
- низкая теплоотдача служит причиной перегрева нагревательных элементов, на которых появляются деформации, трещины и вздутия, ведущие к поломке оборудования;

- точечная коррозия (очаги ржавчины) – еще одна причина, обусловленная накипью и приводящая к разрушению стенок котлов и труб;
- создание частых аварийных ситуаций, существенное сокращение сроков между плановыми ремонтами, увеличение затрат на обслуживание и ремонт – итоги проявления взаимодействия оборудования с водой, содержащей избыточное количество хлоридов [11].

2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРИДОВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Необходимость определения хлорид-ионов возникает при анализе различных веществ, природных, питьевых и сточных вод. Контроль содержания хлорид-ионов требует различных уровней – от макрокonzентраций до $10^{-7}\%$ в особо чистой воде. Существующие государственные стандарты (ГОСТы), регламентируют, каким веществом каким методом и с помощью какого оборудования нужно определять. Современные нормативные документы, регламентирующие процедуру контроля содержания загрязнителей в водах различного происхождения, разрешают использование химических, физико-химических и физических методов анализа. Основная масса лабораторий, проводящих мониторинг вод, не всегда располагает современным оборудованием для реализации физических методов анализа, позволяющих быстро, правильно и точно определять концентрацию загрязнителей. Наиболее массово по-прежнему представлены химические методы. Возможности разработанных на основе этих методов методик определения содержания в воде неорганических загрязнителей не всегда удовлетворяют требованиям ГОСТ, особенно при анализе вод природного происхождения. Многие загрязнители в воде можно обнаруживать разными способами, на разном оборудовании, но разные методы анализа дают различную погрешность, некоторые могут не учитывать какие-либо мешающие факторы. Определение хлоридов в этом отношении имеет ряд преимуществ. Их содержание редко пускается до микроконцентраций, и поэтому основные методики определения хлоридов всё ещё остаются методами «мокрой» химии. Однако в последнее время

инструментальные методы применяются все чаще. Инструментальные методы позволяют автоматизировать анализ, сделать его экспрессным, значительно уменьшают расход вспомогательных реактивов [12].

2.1. Химические методы определения хлорид-иона

2.1.1. Различные варианты титрования

Титриметрические определения хлоридов, основаны на реакциях образования осадков малорастворимых соединений. Не все реакции сопровождающиеся выпадением осадков применимы в объемном анализе. В этих реакциях пригодны только некоторые реакции, удовлетворяющие определенным условиям. Реакция должна протекать строго по уравнению и без побочных процессов. Образующийся осадок должен быть практически нерастворимым и выпадать достаточно быстро, без образования пересыщенных растворов. К тому же необходимо иметь возможность определять конечную точку титрования с помощью индикатора. Наконец, явления адсорбции (соосаждения) должны быть выражены при титровании настолько слабо, чтобы результат определения не искажался [12].

• Йодометрия

Методика предназначена для определения «активного хлора» в воде. Под термином «активный хлор» понимают суммарное содержание свободного хлора, хлорноватистой кислоты, гиперхлорит-ионов, хлораминов.

При подкислении анализируемой воды и прибавлении к ней йодида калия все перечисленные выше вещества выделяют йод, который оттитровывают тиосульфатом натрия.

• Меркуриметрия

Метод основан на титровании ионов хлора раствором окисной азотнокислой ртути $Hg(NO_3)_2$ со смешанным индикатором, дифенилкарбазон-бромфеноловым синим.

Ионы ртути при титровании связывают хлориды в малодиссоциированную соль HgCl_2 . а избыток их вступает в реакцию с индикатором, образуя комплекс фиолетового цвета.

Большое значение при меркуриметрическом определении хлоридов имеет рН титруемого раствора. При высоких значениях рН окрашенный комплекс образуется, когда в растворе еще остаются хлоридные ионы, а при низких значениях рН для образования окрашенного комплекса требуется большой избыток ионов ртути.

Применение смешанного индикатора, в состав которого входит кислотно-щелочной индикатор бромфеноловый синий, позволяет установить перед титрование в испытуемом растворе необходимое значение рН, равное 3 – 3,5 (желтая окраска).

- **Аргентометрия**

Титриметрический метод определения массовой концентрации хлоридов основан на образовании труднорастворимого осадка хлорида серебра при прибавлении раствора нитрата серебра к анализируемой воде. После полного осаждения хлоридов избыток ионов серебра реагирует с индикатором — хроматом калия — с образованием красновато-оранжевого осадка хромата серебра. Титрование проводят в нейтральной или слабощелочной среде (рН 7 — 10), поскольку в кислой среде не образуется хромат серебра, а в сильнощелочной возможно образование оксида серебра Ag_2O [12].

- **Метод Мора**

Наиболее распространено аргентометрическое определение хлора по методу Мора. Сущность его состоит в прямом титровании жидкости раствором нитрата серебра с индикатором хроматом калия до побурения белого осадка.

Индикатор метода Мора – раствор K_2CrO_4 дает с нитратом серебра красный осадок хромата серебра Ag_2CrO_4 , но растворимость осадка ($0,65 \cdot 10^{-4}$ Э/л) гораздо больше растворимости хлорида серебра ($1,25 \cdot 10^{-5}$ Э/л). Поэтому при титровании раствором нитрата серебра в присутствии хромата калия красный осадок хромата серебра появляется лишь после добавления избытка

ионов Ag^+ , когда все хлорид-ионы уже осаждены. При этом всегда к анализируемой жидкости приливают раствор нитрата серебра, а не наоборот.

- **Метод Фаянса**

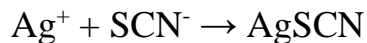
Кроме метода Мора при определении хлоридов аргентометрическим титрованием применяется также метод Фаянса. Он основан на прямом титровании растворов содержащих галогенид ионы стандартным раствором AgNO_3 в присутствии адсорбционных индикаторов.

- **Тиоцианатометрия**

Тиоцианатометрия основана на применении раствора тиоцианата аммония NH_4SCN (или калия KSCN) и служит для определения следов Cl^- в сильнощелочных и кислых растворах.

- **Метод Фольгарда (роданометрический метод)**

Роданометрический метод (метод Фольгарда) титриметрического анализа основан на применении в качестве осадителя титрованного раствора, содержащего SCN^- -ионы:



В качестве стандартных растворов используют: для определения ионов роданид аммония; для определения галогенидов и других ионов – нитрат серебра и роданид аммония.

Роданометрическим методом пользуются для определения галоген-ионов и серебра в серебряных сплавах. В роданометрии в качестве индикатора для определения точки эквивалентности. применяют насыщенный раствор железо-аммонийных квасцов.

- **Метод Пейлина**

Метод основан на способности разных видов хлора превращать в определенных условиях восстановленную бесцветную форму диэтилпарафенилендиамина в полуокисленную окрашенную форму, которую восстанавливают опять до бесцветной ионами двухвалентного железа. Используется серия титрований раствором соли Мора для определения свободного хлора, монохлорамина и дихлорамина в присутствии

диэтилпарафенилендиамина, как индикатора. Свободный хлор образует окраску индикатора в отсутствие йодистого калия, монохлорамин дает окраску в присутствии очень маленьких количеств йодистого калия (2-3 мг), а дихлорамин образует окраску лишь в присутствии больших количеств KI (около 1 г) и при стоянии раствора в течение 2 мин. По количеству раствора соли Мора, израсходованному на титрование, определяют содержание того вида активного хлора, за счет которого образуется окрашенная форма индикатора [12].

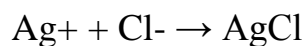
2.2. Инструментальные методы определения хлорид-ионов

2.2.1. Нефелометрическое определение хлоридов

При прохождении пучка света через дисперсные системы наблюдается рассеяние или поглощение света твердыми частицами. Это явление положено в основу нефелометрии и турбидиметрии.

Интенсивность рассеянного светового потока прямо пропорциональна числу частиц во взвешях, т.е. концентрации частиц, находящихся в растворе.

Нефелометрическое определение хлорид-ионов основано на реакции осаждения хлоридов нитратом серебра:



При малых концентрациях хлорид-ионов выпадение осадка не происходит, а возникает помутнение раствора. Степень помутнения зависит от концентрации хлоридов в растворе. Для стабилизации растворов вводят стабилизирующие компоненты.

2.2.2. Электрохимические методы определения хлоридов

Электрохимические методы очистки питьевой воды на сегодня признаются ведущими специалистами мира как наиболее перспективные. Эти методы, в первую очередь, позволяют упростить процесс приготовления химических растворов, сократить число и объем реагентов.

Варианты электрохимических методов, используемых для определения различных форм содержания хлора в воде, весьма разнообразны, однако имеют между собой определенное сходство.

Во-первых, любой электрохимический процесс протекает в измерительной электрохимической ячейке, в которую и поступает исследуемая вода. Во-вторых, в ячейке размещаются три электрода: основной (рабочий), вспомогательный и электрод сравнения, который служит для поддержания постоянства потенциала используемого для измерения электрода. В-третьих, для поддержания необходимого значения потенциала используют источник фиксированного внешнего напряжения, так называемый – потенциостат.

Когда измерительная ячейка подключается к соответствующему измерительному преобразователю, на электроды подается фиксированное внешнее напряжение. Вследствие разницы площади рабочей поверхности электродов возникает поляризация катода. Ток поляризации отображается преобразователем в виде очень высоких значений сигнала, который постепенно снижается, а затем стабилизируется. Таким образом, движение свободных электронов от анода к катоду создает электрический ток, величина которого, при постоянных условиях, будет пропорциональна концентрации свободного хлора в рабочей среде. Значение этого тока обрабатывается преобразователем и приводится к концентрации свободного хлора в мг/л, что затем и отображается как результат измерений [13].

2.2.2.1. Потенциометрические методы

Потенциометрические методы анализа делятся на потенциометрическое титрование и прямую потенциометрию. Потенциометрическое титрование преследует чисто прикладную цель количественного определения данного вещества в растворе путем его титрования стандартным раствором соответствующего реагента. При титровании в исследуемый раствор опускают индикаторный электрод, возникновение потенциала на котором обуславливается определяемым веществом непосредственно (если оно электроактивно) или косвенно (если оно неэлектроактивно) в результате

химического взаимодействия его с каким-либо другим потенциалопределяющим компонентом. В процессе химической реакции (например, титрования) за изменением концентрации определяемого вещества следят по изменению потенциала индикаторного электрода.

Потенциометрическое титрование при прочих равных условиях имеет ряд преимуществ по сравнению с визуальными титриметрическими методами анализа. К применяемым в потенциометрическом титровании химическим реакциям предъявляются те же требования, что и при обычном титриметрическом анализе.

В отличие от обычного титриметрического метода, основанного на применении цветных индикаторов, в потенциометрическом методе титрования индикатором является электрод, на котором протекает индикаторная электрохимическая реакция. Скачок потенциала в точке эквивалентности или вблизи нее дает возможность найти конечную точку титрования по кривым титрования или сам скачок принимается как показатель момента завершения реакции [14].

- **Ионометрический метод**

Методика основана на измерении равновесного потенциала ион-селективного электрода, погруженного в раствор определяемого иона. Потенциал измеряют относительно хлорид-серебряного электрода сравнения, снабженного солевым мостиком. Концентрацию определяемого иона находят по градуировочному графику [14].

2.2.2.2. Кондуктометрическое определение хлорид ионов

Кондуктометрия – электрохимический метод анализа, связывающий электропроводность раствора с его составом. Электрическая проводимость растворов обусловлена наличием в них носителей электрического заряда – ионов. Все растворимые соли диссоциируют на ионы, поэтому проводимость ионных раствором значительно выше молекулярных [15].

Для определения хлоридов в объектах окружающей среды прямая кондуктометрия применяться не может. Прямая кондуктометрия заключается в определении электропроводности раствора содержащего определяемый компонент. Линейный характер носит только электропроводность индивидуальных растворов, либо смесей с точно известными концентрациями. Объекты окружающей среды кроме хлорид-ионов, содержат и другие, влияющие на электропроводность раствора. По этой причине для определения хлоридов используется метод кондуктометрического титрования.

Кондуктометрическое титрование используется при определении индивидуальных веществ и анализе разнообразных смесей. Точку эквивалентности при кондуктометрическом титровании определяют по изменению электропроводности раствора. Электропроводность измеряют после добавления каждой порции титранта. Зависимость электропроводности раствора от количества добавленного титранта изображают графически. Полученный график называют кривой кондуктометрического титрования. Кондуктометрические кривые имеют излом, соответствующий точке эквивалентности [15].

Вывод:

Не все методы могут быть реализованы в автоматизированном режиме. Например, по причине сложности нивелирования мешающих факторов при анализе конкретного объекта, невозможности проведения анализа без участия оператора и т.д. Применительно к решению задачи контроля хлорид-ионов в водной среде по возможности автоматизации и дешевизне наиболее подходит метод ионометрии.

Ионометрия удобный, простой, экспрессный современный метод, использующий недорогие аналитические средства и соответствующие экспрессные методики обнаружения и определения веществ. Метод не требует многостадийной пробоподготовки, сложного лабораторного оборудования, сложной обработки результатов, а также высококвалифицированного персонала. Продолжительность анализа определяется временем подготовки

пробы, поскольку на само измерение тратится не более 1-2 мин. От других физико-химических методов ионометрия отличается, прежде всего, простотой и дешевизной измерительных приборов.

3. ПРИБОРЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОД

По своему назначению приборы автоматического контроля за качеством воды подразделяются на приборы для стационарных лабораторий, для работы в полевых условиях и передвижных лабораториях.

Переносные приборы предназначены в основном для получения экспресс-информации о состоянии отдельных участков реки, водохранилища и др. в полевых условиях, с борта лодки, берега водоема, береговых сооружений. Полученные данные позволяют принять быстрые решения и проводить мероприятия по устранению неблагоприятных воздействий на контролируемый район водопользования.

Если мы употребляем слова «автоматизированная система», то это означает, что без ЭВМ не обойтись. А где ЭВМ – там скорость и точность. Для нее не будет проблемы найти нарушителя чистоты воды – память ЭВМ способна это установить тотчас. Кроме того, ЭВМ мгновенно дает команду о необходимых мерах для предотвращения дальнейшего загрязнения. Таким образом, автоматизированная система контроля и регулирования качества вод – это своеобразная система, которая позволит сохранить чистоту водных объектов [16].

3.1. Тест- методы определения активного хлора в водах

Тест-системы химического анализа – это простые, портативные и недорогие аналитические средства и соответствующие экспрессные методики обнаружения и определения веществ. Тест-системы не требуют многостадийной пробоподготовки, сложного лабораторного оборудования, сложной обработки результатов, а также специально подготовленного персонала; в большинстве случаев применяют автономные средства однократного использования.

Метод основан на окислении иодида активным хлором до йода, который титруют тиосульфатом натрия. Озон, нитраты, окись железа (III) и другие соединения в кислом растворе выделяют йод из йодистого калия, поэтому пробы воды подкисляют буферным раствором с рН 4,5. Йодометрический метод предназначен для анализа воды с содержанием активного хлора более 0,3 мг/л при объемах пробы 250 мл. Метод рекомендован для окрашенных и мутных вод.

Методика В.Г. Амелина модифицирована следующим образом: заменена цветовая шкала из растворов с фиксированной концентрацией активного хлора на цветовые шкалы, основанные на бумажных и тканевых носителях; использованы вискоза, ситец и смесовые ткани.

Замена носителя позволила:

- + определять содержание активного хлора в течение 5 мин;
- + повысить наглядность анализа и оперативность контроля качества воды.

Основным «минусом» методики является недостаточно высокая чувствительность по сравнению с титриметрическим методом. Однако предлагаемый метод обладает преимуществами, такими как простота проведения анализа, экспрессность, отсутствие пробоподготовки анализируемой воды.

Данный тест-метод можно использовать для качественного и полуколичественного определения активного хлора в водах хозяйственно-бытового назначения [17].

3.2. Электрохимические анализаторы

Следует отметить, что все анализаторы хлора, принцип действия которых основан на любом электрохимическом методе, требуют периодической валидации с использованием йодометрического метода, как традиционной лабораторной методики выполнения измерений.

Как мы видим, этот метод более удобен для автоматизации, поскольку в измерительной ячейке сразу же формируется и электрический сигнал. Приборы, реализующие электрохимические методы, отличаются своей

простотой, невысокой стоимостью. При своей работе они не требуют каких-либо расходных химических реагентов.

Однако эти методы весьма неселективны, поэтому чаще всего используется для измерения содержания активного хлора в воде с неизменным химическим составом, поскольку любое изменение состава анализируемой воды неизменно вызовет и изменение в электрохимических процессах, протекающих в измерительной ячейке на электродах.

Как мы уже заметили, моделей анализаторов хлора, действующих на основе электрохимического принципа измерения, очень много, поэтому ограничимся рассмотрением только двух из них [18].

1. Анализатор хлора марки Q45H

Анализатор хлора Q45H (фирма «Analytical Technology, Inc », США) предназначен для осуществления постоянного контроля содержания хлора в воде.

В качестве чувствительного элемента в анализаторе Q45H используется мембранный полярографический датчик, который размещается проточной электрохимической ячейке. Существует две модификации датчиков к данному анализатору: датчик свободного хлора и датчик связанного хлора. Датчик свободного хлора используется только при проточном типе установки в электрохимической ячейке, а датчики связанного хлора могут устанавливаться как в проточном (в электрохимической ячейке), так и в погружном (непроточном) варианте (например, в емкости).

Электрохимическая ячейка предназначена для поддержания непрерывных постоянных параметров потока анализируемой воды: ее скорости и давления при контакте с поверхностью датчика, которые не будут зависеть от колебаний скорости и давления воды в трубопроводе исходной воды. В зависимости от предполагаемой концентрации хлора в воде, используются два вида электрохимических ячеек: большого и малого объемов проточной части. Первая ячейка предназначена для проведения измерений высоких концентраций хлора, вторая для концентраций хлора менее 200 мкг/л. Скорость

потока анализируемой воды в ячейке первого типа должна быть не менее 30 л/час, второго – в пределах от 15 до 20 л/час.

Для надлежащей работы датчика связанного хлора при его погружной (непроточной) установке скорость потока анализируемой воды должна быть не менее 0,12 м/с.

Поскольку мембранный датчик чувствителен к значительным отклонениям рН, то, если значение рН исходной анализируемой воды может регулярно изменяться, появляется вероятность значительных неточностей при анализе концентрации свободного хлора. Во избежание этого в электрохимическую ячейку дополнительно может устанавливаться рН-электрод, который будет автоматически корректировать данные изменения, обеспечивая необходимую точность измерений, даже если значение рН будет значительно варьироваться и приблизится к 9 [17].

2. Анализатор содержания хлора в воде АСХВ/ М1032С

Анализатор содержания хлора в воде АСХВ/ М1032С предназначен для измерения и контроля остаточного или общего хлора в процессе подготовки питьевых, сточных и оборотных технических вод, а также воды в плавательных бассейнах.

Принцип работы основан на измерении потенциала рабочего электрода относительно электрода сравнения при пропускании тока между рабочим и вспомогательным электродами в открытой ячейке, работающей в потенциостатическом режиме. АСХВ/ М1032С конструктивно состоит из модуля измерительной ячейки, состоящего из двух электродов (рабочий и вспомогательный электроды объединены в единую систему) и датчика температуры, находящихся в отдельной камере с механической очисткой и блока дистанционного управления (БДУ-РХ), построенного на базе микропроцессора, с графическим дисплеем и клавишами управления. С помощью БДУ-РХ производится усиление сигнала на выходе модуля измерительной ячейки. Использование температурной и рН компенсации

обеспечивает высокую точность измерения. Измеряемое значение выводится на дисплей БДУ-РХ [17].

3.3. Хлоридомер автоматический ХА-06

Предназначается для непрерывного измерения массовой концентрации хлорид-ионов в воде в автоматическом режиме.

Хлоридомер потенциометрическим способом определяет хлорид-ионы в проточной дифференциальной ячейке с двумя идентичными хлорсеребряными электродами. Один из них индикаторный, который располагается в потоке анализируемого или контрольного раствора, а второй электрод сравнения и находится он в потоке раствора, который не содержит хлорид-ионов. Для стабилизации условий измерения потоки, которые поступают в ячейку, должны содержать одинаковую концентрацию фонового электролита, температуру и скорость. Прибор имеет интегрированный ионообменный фильтр [19].

3.4. Автоматизированные системы контроля качества питьевой, сточной и поверхностной воды

➤ Измерительный модуль DEPOLOX®4 состоит из плексигласового корпуса, встроенного в контролирующий клапан измерителя. Прозрачный корпус позволяет в любое время проверить, насколько качественно происходит очистка потока частиц воды от частиц песка и гравия. Прозрачный плексигласовый корпус дает возможность визуальной проверки точности измерений, включая вращение, песка и гравия, чистку электродов и качество электролитов. Текущее измерение частиц хлора возможно благодаря использованию устройства, состоящего из 3-х электродов и установленного на нижнюю часть плексигласового корпуса. В таком снятии измерений используется принцип 3-х статичных электродов. Возможна комплектация сенсором Pt100 для компенсации температуры. Сенсор устанавливается возле хлорного электрода модуля. Комбинированный измеритель и спаренные электроды могут устанавливаться в просверленных отверстиях на крышке DEPOLOX®4 для измерения уровня pH и окислительно-восстановительного потенциала. Анализаторы Depolox® 4 имеет Сертификат Госстандарта [20].

➤ Анализатор остаточного уровня деполокс ® 3 плюс (TI.50.560) обеспечивает непрерывное измерение свободного или общего (связанного) хлора (или диоксида хлора, или озона) в процессах водоподготовки. Используя проверенную и универсальную технологию амперометрических измерений, данный анализатор напрямую измеряет остаточные уровни данных дезинфектантов и выдает 4–20 мА выходной сигнал для управления или регистрации. В прибор включены реле аварийных сигналов. Имеется конфигурация для измерения рН или фтора. Анализаторы Depolox®3+ имеют Сертификат Госстандарта. Анализатор остаточного уровня деполокс ® 3 плюс измеряет остаточные уровни свободного или общего хлора без использования реагентов, включая пробы с изменяющимся рН. Поскольку реагентов не добавляется, проба может быть возвращена в водопроводную систему без ограничений. Трехэлектродный измерительный элемент – для измерения свободного и общего хлора, диоксида хлора и озона используется технология трехэлектродного измерения. В данном элементе нет необходимости постоянной настройки нуля, характерной для других анализаторов. Надежность и стабильность значительно повышены, в то время как техническое обслуживание значительно упрощено. Колебания проводимости или мутности не влияют на калибровку и точность. Гибкая конфигурация – электронная часть и детали, соприкасающиеся с водой, устанавливаются отдельно, что упрощает монтаж и делает оборудование более удобным для оператора. Возможны две конфигурации оборудования, соприкасающегося с водой: одна для мембранного типа, который используется для измерения свободного или общего хлора, диоксида хлора или озона, а вторая для «голых электродов», тип, который используется для измерения только свободного хлора. Обе этих конфигурации могут быть оборудованы датчиком рН или фтора. Для измерений только фтора имеется специальный проточный узел. Имеются два блока электронного управления: версия с одним входом для измерения только дезинфектанта и версия с двойным входом для измерений дезинфектанта и рН или фтора [20].

➤ Micro 2000® (TI.50.505.GR) производства компании «Wallace&Tiernan» является точным и надежным инструментом для непрерывных измерений общего и свободного остаточного хлора, а также остаточных диоксида хлора и перманганата калия. Таким образом, этот прибор является новым шагом в совершенствовании мониторинга и управления системами хлорирования питьевых, технических и сточных вод, систем охлаждения, градирен, бассейнов, теплообменников. Измерительная ячейка встраивается непосредственно в линию и может непрерывно выдавать информацию об остаточном содержании реагента до 0,001 мг/л. Благодаря этому, эффективность хлорирования растет. Надежность и простота использования измерительной ячейки Micro 2000® делают ее идеальным решением для мониторинга обеззараживания и отбеливания на предприятиях целлюлозно-бумажной и текстильной промышленности. Помимо этого, Micro 2000® с успехом применяется для контроля обеззараживания технической воды для электронной, фармацевтической и косметической промышленности, а также при производстве пива и безалкогольных напитков [20].

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

4.1 Метод ионометрии

В данной работе для решения задачи автоматизации контроля содержания хлорид-ионов в водных средах был выбран метод ионометрии.

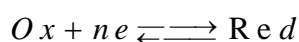
Электрохимические методы анализа - это совокупность методов качественного и количественного анализа, основанных на электрохимических явлениях, происходящих в исследуемой среде или на границе раздела фаз и связанных с изменением структуры, химического состава или концентрации анализируемого вещества.

В основе потенциометрических измерений лежит зависимость равновесного потенциала электрода от активности (концентрации) определяемого иона практически в отсутствие тока между индикаторным электродом и электродом сравнения (гальванический элемент), погруженными в анализируемый раствор, при замыкании гальванической цепи [13-15].

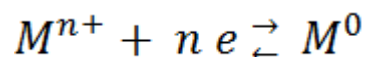
Измеряемое напряжение, таким образом, равно:

$$E = E_{\text{инд}} - E_{\text{сп}}$$

Возникновение электродного потенциала связано с электродным процессом на границе индикаторный электрод раствор, содержащий окислительно-восстановительную пару:



либо восстановленную форму обратимой окислительно-восстановительной системы:



При установлении динамического равновесия электрод приобретает равновесный потенциал. Реакции, протекающие на границе раздела электрод-раствор, называются потенциалопределяющими, а ионы окислителя (*Ox*) и восстановителя (*Red*) потенциалопределяющими ионами. Потенциал

индикаторного электрода зависит от активности потенциалопределяющих ионов по уравнению Нернста:

$$E = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{a_{ox}}{a_{red}},$$

E^0 – стандартный электродный потенциал, В;

$RT/F = 0,059$ – константы R, F и температура процесса $T = 298$ К;

n – число электронов, участвующих в процессе;

a – активность формы вещества, участвующей в полуреакции.

Метод ионометрии - вариант потенциометрического анализа, в котором напрямую измеряется активность иона в растворе. Измерения производят при помощи пары электродов, погружаемых в анализируемый раствор. Один из электродов – измерительный (ионоселективный), другой - электрод сравнения.

Ионоселективный электрод – это электрод, на котором протекает электрохимическая реакция окисления или восстановления. Это легкополяризуемый электрод, он реагирует на изменение концентрации определяемого элемента.

Электрод сравнения – неполяризуемый электрод, потенциал его должен быть устойчивым во времени. Электрод сравнения служит для создания измерительной цепи и поддержания постоянного значения потенциала измерительного электрода.

В методе ионометрии предварительно, пользуясь растворами с известной концентрацией, градуируют электрод, т.е. опытным путем определяют зависимость его потенциала от концентрации потенциалопределяющего иона. Затем измеряют потенциал раствора с неизвестной концентрацией определяемого иона и по градуировочному графику находят его содержание [15].

4.2. Приборы и реактивы

В работе использовали простой в аппаратном оформлении, экспрессный метод ионометрии.

Построение градуировочного графика проводились на компьютеризированном учебно-лабораторном комплексе (УЛК) «Химия» с двухэлектродной ячейкой. В качестве измерительного электрода использовался хлорид-селективный электрод, вспомогательным и электродом сравнения служил хлоридсеребрянный электрод. Раствор перемешивали с помощью магнитной мешалки.

Измерения показателей исследуемого раствора проводились в электрохимической ячейке, конструкция которой состояла из двух ионоселективных электродов для определения хлорид-ионов, погруженных соответственно в исследуемый раствор и раствор малорастворимой соли хлора, в данной работе это – оксохлорид сурьмы, в ходе исследований, также был использован раствор соли хлора (KCL). Дополнительные комплектующие – элемент заземления, генератор тока и ПК.

Взвешивание навески вещества проводили на лабораторных аналитических весах ВЛ-210 фирмы «Госметр» с погрешностью взвешивания ± 0.0002 г.

В работе была использована следующая посуда:

Пипетки мерные лабораторные, вместимостью 5, 10 см³

Посуда мерная лабораторная стеклянная, вместимостью:

колбы наливные – 250, 100 см³

Стаканы стеклянные лабораторные, вместимостью 50 см³.

4.3. Определение концентрации хлорид-ионов

В ходе исследований была использована электрохимическая ячейка с ионоселективным датчиком и электродом сравнения (хлоридсеребряный электрод с соляным мостиком). На электродах под действием наложенного потенциала происходит электролиз - окисление или восстановление вещества. Конструкция ячейки представлена на рис. 1.

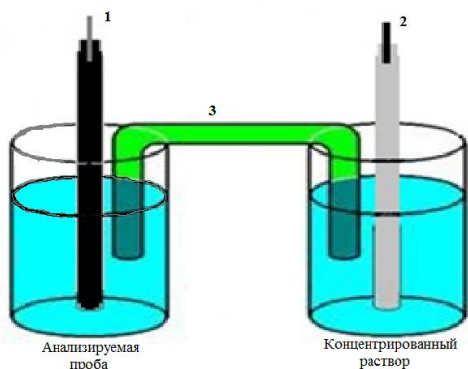


Рисунок 1 – Электрохимическая ячейка:

1-Ионселективный электрод; 2- Хлоридсеребряный электрод; 3-Солевой мостик (KNO_3)

4.3.1. Подготовка к выполнению измерений

1. Подготовка электродов к работе проводится в соответствии с требованиями, приведенными в паспортах на электроды.

2. Приготовление растворов

2.1. Основной раствор с концентрацией хлорид-иона $10\,000\text{ мг/дм}^3$

На аналитических весах взвешивают $2,101\text{ г}$ калия хлористого, количественно переносят в мерную колбу на $100,0\text{ см}^3$, растворяют в дистиллированной воде и доводят объем до метки дистиллированной водой.

2.2. Градуировочные растворы

В мерных колбах вместимостью $100,0\text{ см}^3$ путем соответствующих разбавлений дистиллированной водой готовят серию градуировочных растворов. Исходные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Концентрации хлорид-ионов в градуировочных растворах

Градуировочный раствор	
Код	Концентрация, мг/дм^3
ГР – 1	1000,0
ГР – 2	300,0
ГР – 3	100,0

ГР – 4	30,0
ГР – 5	10,0

4.3.2. Выполнение анализа

1. Электрод сравнения снабжают солевым мостиком, заполненным раствором калия азотнокислого.
2. Измерения проводятся в режиме измерения потенциала.
3. Измерения проводят с перемешиванием анализируемого раствора.
4. Температуры градуировочных и анализируемых растворов не различаются более чем на 1 °С.
5. Измерения проводят при рН = 4,0...5,0.
6. Построение градуировочного графика выполняют в пределах линейного участка зависимости равновесного потенциала от логарифма концентрации.

4.3.3. Построение градуировочного графика

Для построения градуировочного графика используются растворы с концентрациями хлорид-иона, указанными в таблице 2.

Измерения проводятся в порядке возрастания концентрации.

После каждого измерения электроды промываются дистиллированной водой и осушаются фильтровальной бумагой.

В мерные стакан вместимостью 50 см³ последовательно вносятся растворы ГР-5...ГР-1, и измеряются значения равновесных потенциалов (Е).

По полученным данным строится график зависимости Е от lg С (рис.2).

4.3.4. Вычисление результатов анализа

График построен в координатах lg С – Е. Для определения результатов измерений, по градуировочному графику находится lg С и рассчитывается концентрация хлорид-ионов по формуле:

$$pX = - \lg C \quad (1)$$

4.4. Автоматизация измерений контролируемого параметра

Для решения задачи автоматизации контроля содержания хлорид-ионов в водных средах выбран метод ионометрии.

Метод ионометрии - вариант потенциометрического анализа, в котором напрямую измеряется активность иона в растворе. Измерения производят при помощи пары электродов, погружаемых в анализируемый раствор. Один из электродов – измерительный (ионоселективный), другой - электрод сравнения. В методе ионометрии предварительно, пользуясь растворами с известной концентрацией, градуируют электрод, т.е. опытным путем определяют зависимость его потенциала от концентрации потенциал-определяющего иона. Затем измеряют потенциал раствора с неизвестной концентрацией определяемого иона и по градуировочному графику находят его содержание.

Для построения градуировочного графика использовалась электрохимическая ячейка с ионоселективным датчиком и электродом сравнения (хлоридсеребряный электрод с соляным мостиком). Концентрации градуировочных растворов приведены в табл. 2. Градуировочный график приведен на рис. 2.

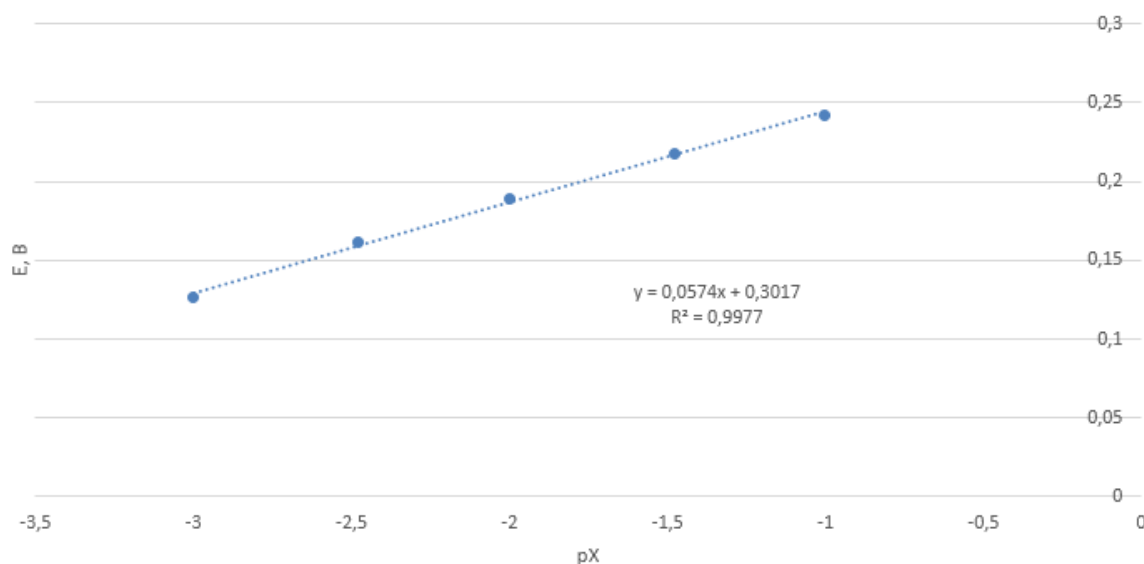


Рисунок 2 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов

График построен в координатах $\lg C - E$. Для определения результатов измерений, по градуировочному графику находится $\lg C$ и рассчитывается концентрация хлорид-ионов :

$$pX = -\lg C.$$

Недостатком данной ячейки является использование хлоридсеребряного электрода, снабженного солевым мостиком, в качестве электрода сравнения. При длительной работе его потенциал изменяется в результате снижения концентрации хлорид ионов в электроде, а использование солевого мостика весьма неудобно.

В данной работе рассматривается возможность определения концентрации хлорид-ионов в водных средах с помощью устройства, содержащего установленные в корпусе погруженный датчик измерительного ион-селективного электрода и вспомогательный электрод сравнения. В качестве электрода сравнения используется идентичный измерительному ион-селективный электрод.

Для проверки идентичности результатов измерений двух электродов, был также построен градуировочный график для вспомогательного электрода. График представлен на рис. 3.

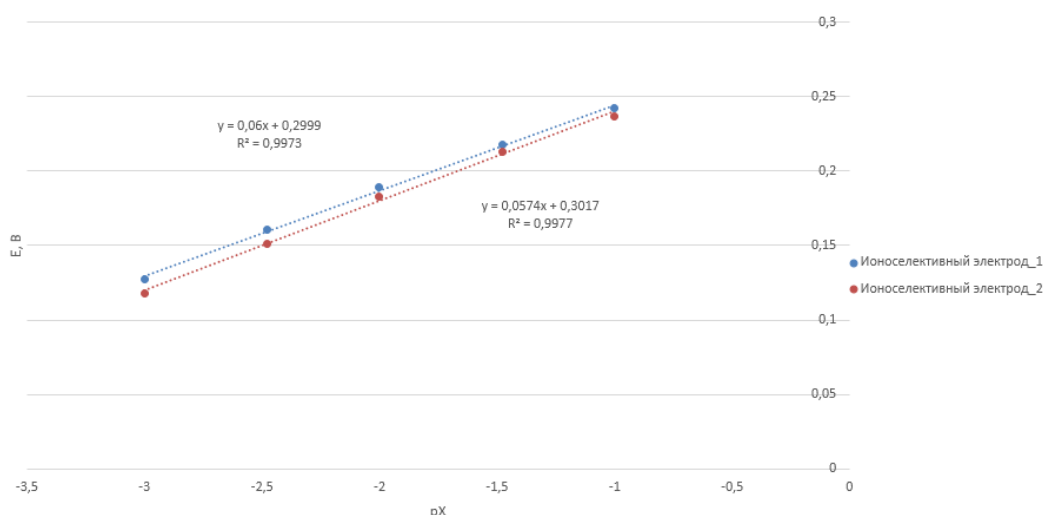


Рисунок 3 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов:

1. Хлорид-серебрянный электрод и ионоселективный_1;
2. Хлорид-серебрянный электрод и ионоселективный_2

Из вышеприведенных зависимостей можно сделать вывод, что применяемые в работе электроды предоставляют идентичные результаты, так как значения коэффициентов b (угол наклона графика) близки по значению.

Чтобы проверить работоспособность ячейки, содержащей два идентичных электрода, один из которых измерительный, а другой сравнения, построен градуировочный график (рис. 4).

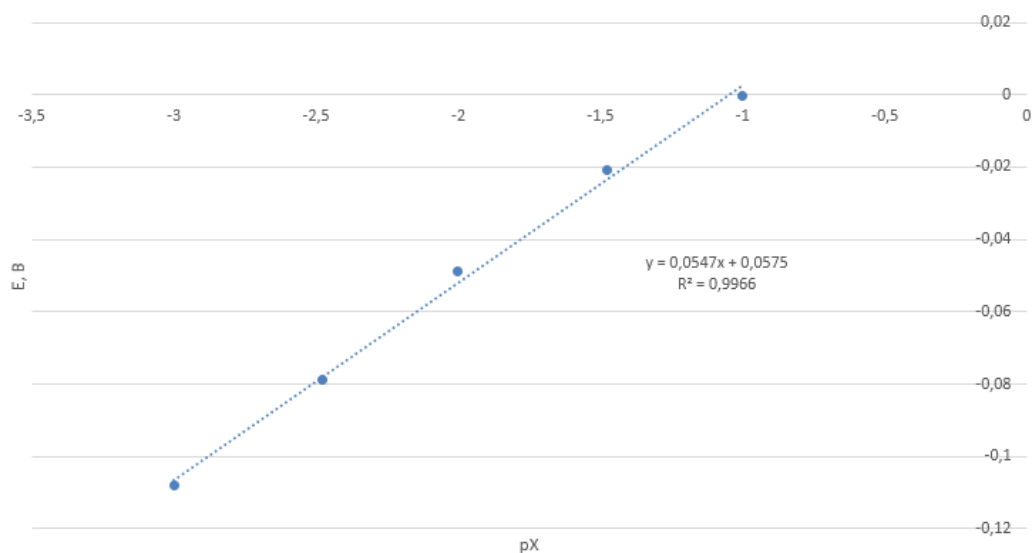


Рисунок 4 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов для системы с одним ионоселективным в качестве электрода сравнения и вторым ионоселективным в качестве рабочего электрода

В результате сравнения приведенных графиков можно сделать вывод, что данная конструкция ячейки применима для проведения контроля содержания хлорид-ионов в исследуемом растворе.

Потенциал электрода сравнения должен быть постоянен, поэтому было предложено поместить ион-селективный электрод, используемый в качестве электрода сравнения, в герметичную емкость с пористой мембраной с раствором малорастворимого хлоридсодержащего соединения, имеющего постоянную концентрацию хлорид-ионов. Для проверки достоверности результатов проводится сравнительный анализ трех графиков (рис. 5).

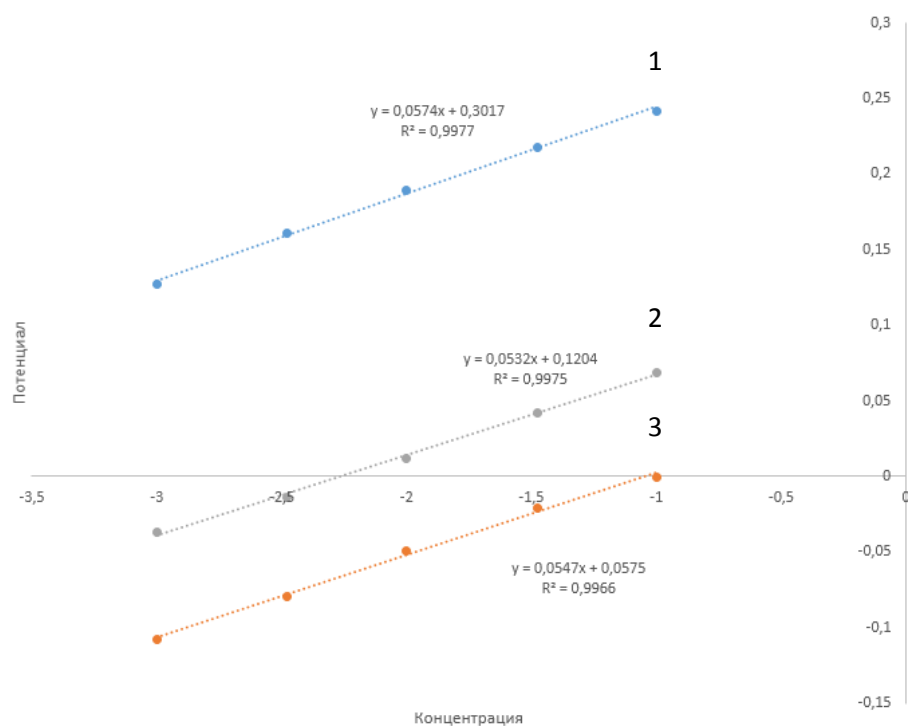


Рисунок 5 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов:

1. Хлорид- серебряный и ионоселективный электроды;
2. Два ионоселективных электрода;
3. Два ионоселективных электрода с малорастворимым хлоридсодержащим соединением.

Согласно проведенным испытаниям, разность потенциалов E между измерительным электродом и электродом сравнения линейно зависит от pX анализируемой среды, при коэффициенте корреляции равным 0,999, что свидетельствует о низкой погрешности измерений.

Устройство работает следующим образом: при его погружении в анализируемую среду на измерительном ион-селективном электроде возникает потенциал, пропорциональный значению концентрации хлорид-ионов. Вспомогательный электрод сравнения также обладает потенциалом. Поскольку ион-селективный электрод помещён в раствор малорастворимого хлоридсодержащего соединения, имеющий постоянную концентрацию хлорид-ионов, его потенциал постоянен. Пористая мембрана исключает перемешивание анализируемой среды и раствора малорастворимого хлоридсодержащего соединения, имеющего постоянную концентрацию

хлорид-ионов, определяемую произведением растворимости используемой соли.

Потенциал ион-селективного электрода линейно зависит от концентрации хлорид-ионов:

$$E_{ис.} = E_{ис.}^{\circ} + b \text{ рХ} ,$$

где:

$E_{ис.}^{\circ}$ — стандартный потенциал ион-селективного электрода;

$b = RT / Fn$ — коэффициент, зависящий от температуры; n — число электронов, участвующих в процессе;

$\text{рХ} = -\lg C$, C — концентрация хлорид-ионов.

Тогда потенциал измерительного электрода равен:

$$E_{ис.1} = E_{ис.1}^{\circ} + b \text{ рХ}_{\text{среды}} .$$

Потенциал электрода сравнения равен:

$$E_{ис.2} = E_{ис.2}^{\circ} + b \text{ рХ}_{\text{эталон}} .$$

Поскольку индикаторный электрод и электрод сравнения одного типа, то $E_{ис.1}^{\circ}$ и $E_{ис.2}^{\circ}$ совпадают. Таким образом, разность потенциалов индикаторного электрода и электрода сравнения, измеряемая вторичным измерительным преобразователем, определяется следующим соотношением:

$$E = b (\text{рХ}_{\text{среды}} - \text{рХ}_{\text{эталон}}) .$$

Поскольку раствор малорастворимого хлоридсодержащего соединения, обладающий постоянной концентрацией хлорид-ионов, имеет известную концентрацию хлорид-ионов, то исключается необходимость калибровки электродов по серии растворов с различной концентрацией хлорид-ионов.

Коэффициент b является единственным параметром, используемым при пересчёте потенциала E в рХ . Калибровка устройства для измерения концентрации хлорид-ионов с ионоселективными электродами может быть выполнена по одной точке. Для этого устройство погружают в анализируемую среду с известным значением концентрации хлорид-ионов и измеряют значение

разности потенциалов между измерительным ион-селективным электродом и вспомогательным электродом сравнения $-E$. После чего вычисляют коэффициент b :

$$b = \frac{E}{pX_{\text{среды}} - pX_{\text{эталон}}}$$

Главным фактором, влияющим на b , является температура, влияние которой может быть учтено во вторичном измерительном преобразователе. Чтобы учитывать мешающее влияние температуры, проведены исследования, в результате которых построены графики зависимости измеряемого потенциала от температуры растворов с различной концентрацией (рис. 6).

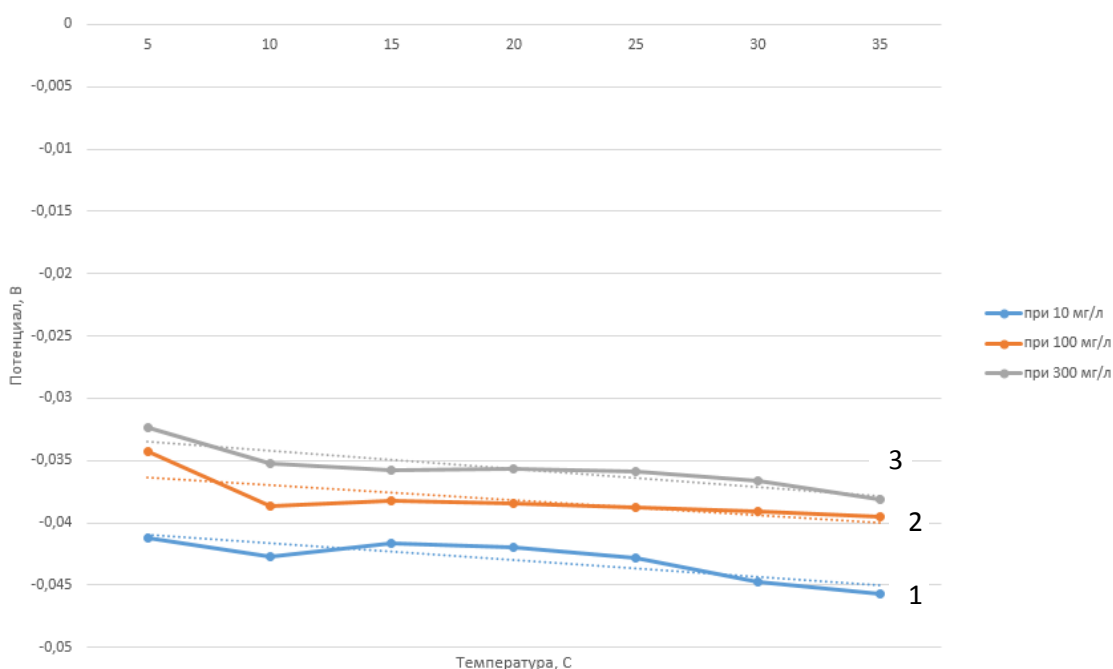


Рисунок 6 – Зависимость измеренного потенциала от температуры раствора при:

1. $C_{CL}=10$ мг/л; 2. $C_{CL}=100$ мг/л; 3. $C_{CL}=300$ мг/л

Из вышеприведенных зависимостей можно сделать вывод, что температура оказывает одинаковое влияние на растворы с разной концентрацией хлорид-ионов. Погрешность измерений концентрации контролируемого показателя значительно возрастает при температуре водной среды более 30°C .

Определению концентрации хлорид-ионов мешают присутствие сульфид-ионов и органических соединений. Например, при проведении

потенциометрического анализа с контрольным раствором, с неизменной концентрацией хлорид-ионов, при добавлении раствора, с определенной концентрацией сульфид-ионов, наблюдается изменение потенциала, т.е. изменение активности хлора в ЭДС. С увеличением концентрации сульфид-ионов, при неизменной концентрации хлорид-ионов, приводит к увеличению погрешности измерений (рис. 7–10).

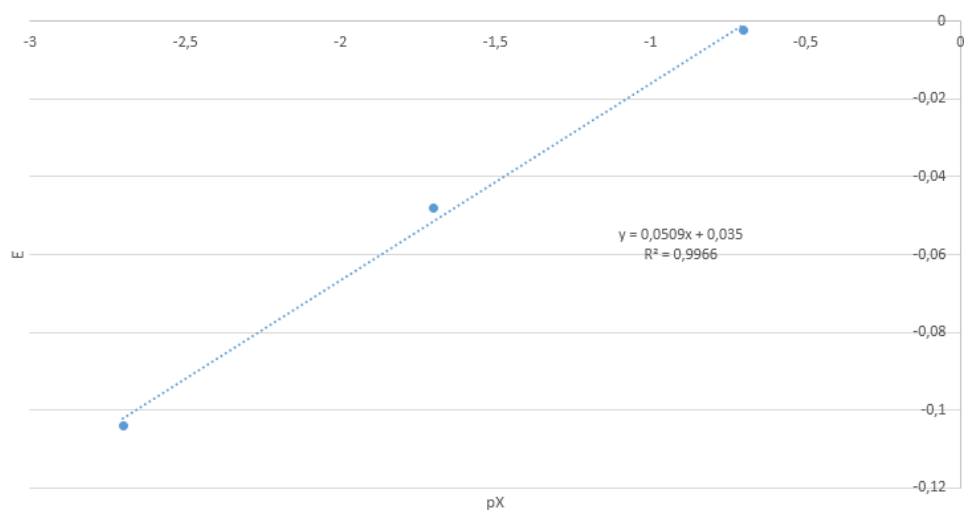


Рисунок 7 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов (холостые пробы)

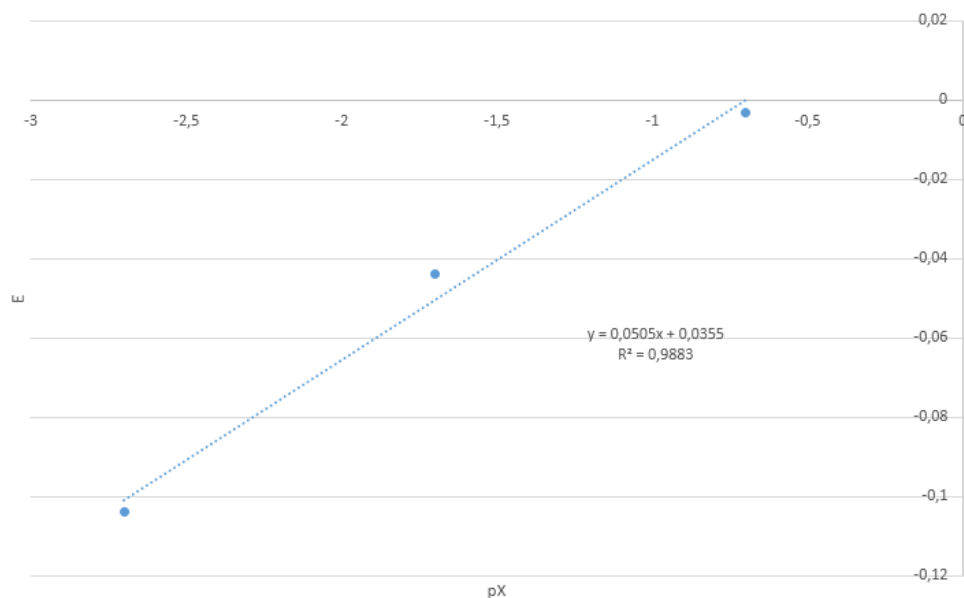


Рисунок 8 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов ($C_s = 5$ мг/л)

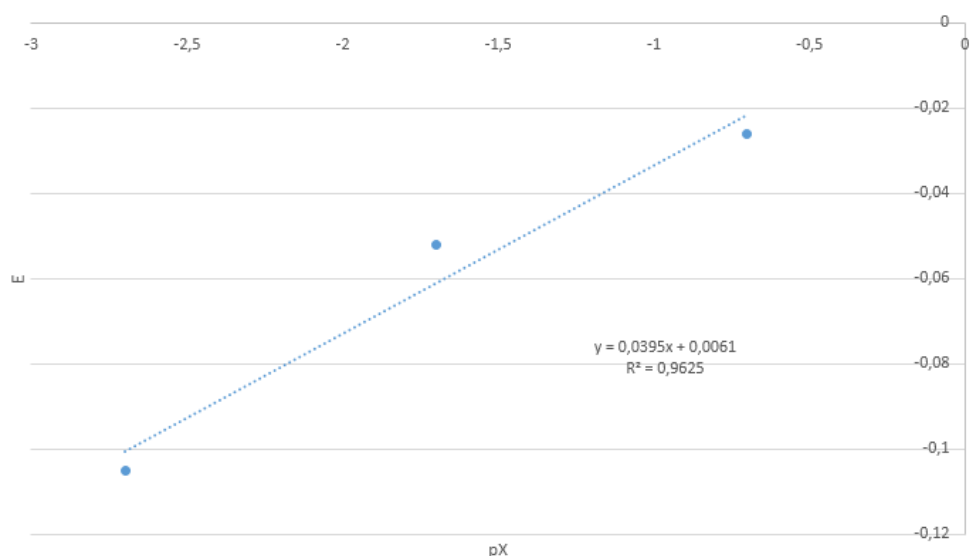


Рисунок 9 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов ($C_s=50$ мг/л)

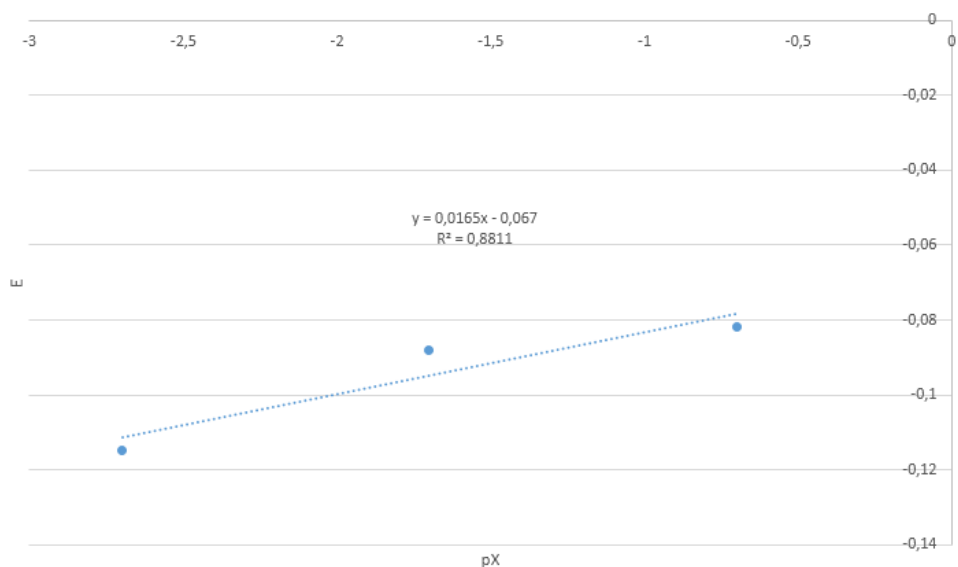


Рисунок 10 – Зависимость потенциала от концентрации хлорид-ионов ($C_s=500$ мг/л)

Результаты исследования влияния мешающего фактора представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты исследования влияния мешающих факторов

Конц-я Cl^- , мг/дм ³ Конц-я S^{2-} , мг/дм ³	5	50	500
	Значения электродного потенциала, В		
XII	0,25495±0,002	0,183575±0,002	0,1412±0,002
5	0,25285±0,002	0,180535±0,002	0,1364±0,002
50	0,21445±0,002	0,16588±0,002	0,13255±0,002
500	0,16305±0,002	0,143465±0,002	0,1260±0,002

В ходе исследований была проверена стабильность сигнала системы с двумя хлорид-селективными электродами (рабочий и сравнения). Результаты представлены на рис. 11.

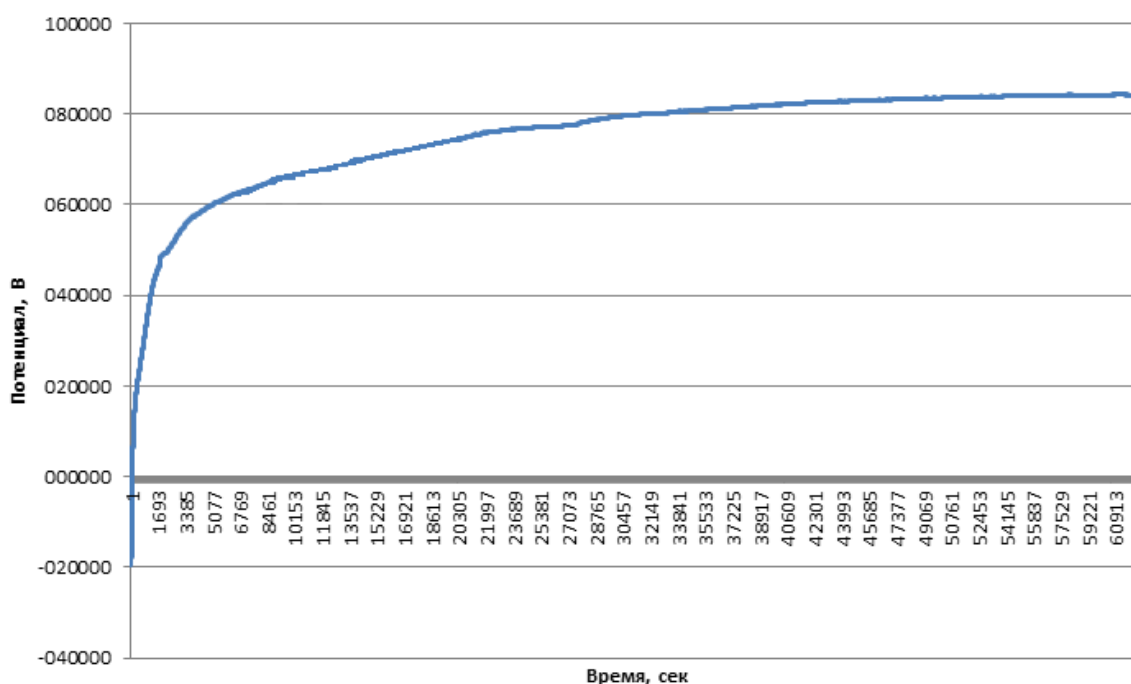


Рисунок 11 – Стабильность результатов измерений предложенной ячейки при концентрации хлорид-ионов 300 мг/л

4.5. Проверка результатов измерений

В данной работе проверка результатов измерений предложенной ячейки проведена методом «введено-найдено». Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Проверка результатов измерений методом «введено-найдено»

	Концентрация хлорид –ионов, мг/л	
	50	200
Введено	50	200
Измеренный потенциал, В	0,19547	0,16095
Найдено	53,7408	205,9487
Погрешность %	0,113±0,002	0,041±0,002

ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

1. Предпроектный анализ

1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В настоящее время проблемы загрязнения воды, загрязнения питьевой воды, загрязнения подземных вод – контроль качества воды это проблемы социальные, политические, медицинские, географические, а также инженерные и экономические.

Развитие промышленности, в том числе и химической, увеличение добычи ископаемого сырья, расширение использования транспорта, а также серьезное ужесточение требований природоохранного законодательства предопределяют необходимость разработки и создания новых средств мониторинга объектов окружающей среды с улучшенными качественными и эксплуатационными показателями.

Структура современного рынка средств автономного мониторинга объектов окружающей среды определяется следующими сегментами:

- Электроэнергетика;
- Топливная промышленность;
- Чёрная металлургия;
- Цветная металлургия;
- Химическая и нефтехимическая промышленность;
- Машиностроение и металлообработка;
- Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность;
- Промышленность строительных материалов;
- Пищевая промышленность;
- Медицинская промышленность;

- Полиграфическая промышленность;
- Водоканал;
- Научные и прикладные исследования.

Для анализа спроса на результаты исследования проводим сегментирование потребителей, т.е. разделение покупателей на однородные группы, в качестве критерия – сфера деятельности.

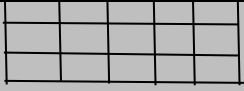
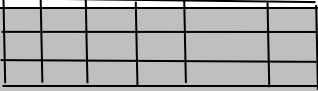

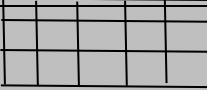
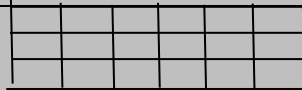

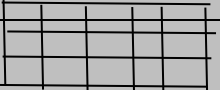
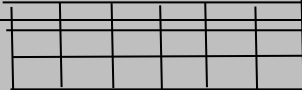

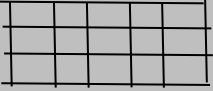


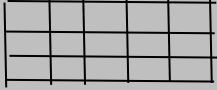


Для анализа конкуренции выбраны предприятия (компании), реализующиеся на российском рынке экологических работ и услуг. Среди них:

- ЗАО «Экрос-Инжиниринг» – специализированное предприятие по созданию систем промышленной безопасности, экологического мониторинга и контроля объектов окружающей среды (атмосферный воздух, природные, питьевая, сточные воды, донные отложения, почвы и т. д.), проектированию, капитальному ремонту и реконструкции химических производств и лабораторий, оснащению их современным оборудованием, изготовлению модульных лабораторных комплексов, изготовлению стационарных постов экологического контроля и передвижных лабораторий, систем газового и дымового контроля организованных выбросов.
- ЭкоИнструмент – динамично развивающаяся компания, основными направлениями деятельности которой являются:
 - Поставка и обслуживание аналитического оборудования от ведущих зарубежных и лучших российских производителей;
 - Комплексное оснащение лабораторий;
 - Поставка оборудования для контроля и управления промышленными процессами;
 - Сертификация, сервисное обслуживание и техническая поддержка приборов;
 - Пуско-наладка оборудования и обучение персонала заказчика;
 - Методическое сопровождение и консультации.

- СПИЛЦ – лидирующая и динамично развивающейся компания, опирающаяся на перспективные профессиональные кадры. Одним из основных направлений деятельности является проведение обследований объектов нефтегазовой отрасли при проектировании, разработке, хранении, транспортировке, а также эксплуатации месторождений, с целью обеспечения безопасной работы и предотвращения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций.

Результаты сегментирования рынка услуг по предоставлению средств мониторинга объектов окружающей среды приведены в таблице 5.

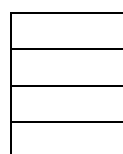
Таблица 5 – Сегментирование рынка экологических работ и услуг

Представители потребительского спроса	Режим мониторинга объектов окружающей среды		
	Экспресс-анализ (полевой)	Мониторинг, согласно графику промышленного контроля	Постоянный мониторинг
Добывающая промышленность			
Топливо-энергетический комплекс			
Химическая и нефтехимическая промышленность			
Предприятия, осуществляющие надзор и контроль за параметрами ОС			
Водоканал			

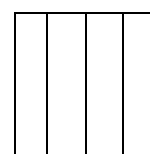
Условные обозначения:



Экрос-Инжиниринг



ЭкоИнструмент



СПИЛЦ

В приведенной карте сегментирования показано, какие ниши на рынке экологических работ и услуг по мониторингу объектов окружающей среды не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок.

Вывод: разработка автоматизированной, автономной системы непрерывного контроля за параметрами водной среды наиболее актуальная задача, имеющая спрос на рынке со стороны потребителей. Результаты сегментирования:

1. Основные сегменты рынка:

- предприятия добывающей и перерабатывающей промышленности;
- предприятия, осуществляющие контроль за параметрами ОС;
- предприятия, осуществляющие обеспечение населенных пунктов питьевой водой, и, очищающие сточную воду канализационной системы.

2. Ориентироваться результаты исследований будут на промышленные предприятия и водоканалы.

3. Сегмент рынка, привлекательный для сотрудничества в будущем – предприятия добывающей и перерабатывающей промышленности.

1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Поскольку рынок и технологии находятся в постоянном движении и развитии, необходимо проводить детальный анализ конкурирующих разработок. Данный анализ позволит внести коррективы в развитие научного исследования, а также даст оценку сильным и слабым сторонам всем конкурентным разработкам.

Основными конкурентами разрабатываемого средства автономного мониторинга водных объектов (B_{ϕ}) являются:

1. Orion 2117LL компании «Техноаналит» ($B_{к1}$);
2. Анализатор ХА-06 компании «Водоанализ» ($B_{к2}$).

Анализ конкурентных технических решений целесообразно проводить с помощью оценочной карты (таблица 6).

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности труда пользователя	0,3	5	4	4	1,5	1,2	1,2
Удобство в эксплуатации	0,2	4	3	3	0,8	0,6	0,6
Автономность	0,2	5	1	1	1	0,2	0,2
Помехоустойчивость	0,05	3	5	4	0,15	0,25	0,20
Энергоэкономичность	0,05	4	4	4	0,20	0,20	0,20
Надежность	0,05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
Безопасность	0,05	4	4	4	0,20	0,20	0,20
Использование реагентов	0,04	4	4	4	0,16	0,16	0,16
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	4	5	4	0,12	0,15	0,12
Итого	1	40	39	37	4,4	3,33	3,25

Вывод: как видно из таблицы 2, наиболее значимым критерием является повышение производительности труда пользователя. Предлагаемая разработка позволяет выполнять измерения контролируемых параметров водного объекта без длительного процесса водоподготовки, в автономном режиме, без затрат на реагенты в режиме реального времени с высоким уровнем точности, поэтому в

таких критериях как повышение производительности и автономность значение присвоенных баллов более высокое, чем у конкурентов. Уровень безопасности, необходимость в реагентах и значение цены равны, поэтому равны и баллы этих критериев. Такие критерии как надежность и помехоустойчивость нуждаются в технологической доработке у разрабатываемого прототипа, поэтому у конкурентов баллы по этим показателям более высокие. В общем итоге суммарное количество баллов разрабатываемого прототипа больше, что доказывает его преимущество.

1.3. Диаграмма Исикава

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

Построение диаграммы было начато с формулировки проблемной темы (области), которая в последствии являлась объектом анализа и была нанесена на центральную горизонтальную стрелку диаграммы. Данная проблемная тема (область) стала недостаточная помехоустойчивость проектируемого автономного средства измерения контролируемых параметров водных объектов.

Затем были выявлены факторы/группы факторов, влияющие на объект анализа. Для выявления таких факторов использовался прием 6М:

- персонал (Manpower);
- оборудование (Machine);
- сырье, материалы, комплектующие (Material);
- технология проведения работ (Method);
- средства измерения и методы контроля (Measurement);
- производственная среда (Media).

Выявленные факторы были подведены к стрелкам диаграммы первого уровня. Далее к каждой стрелке подводятся стрелки второго уровня, к которым, в свою очередь, подводятся стрелки третьего уровня и т. д. до тех пор, пока на диаграмму не будут нанесены все стрелки, обозначающие факторы, оказывающие заметное влияние на объект анализа. Каждый фактор более низкого уровня будет являться следствием по отношению к причине более высокого уровня. Результат построения диаграммы приведен на рис. 12.

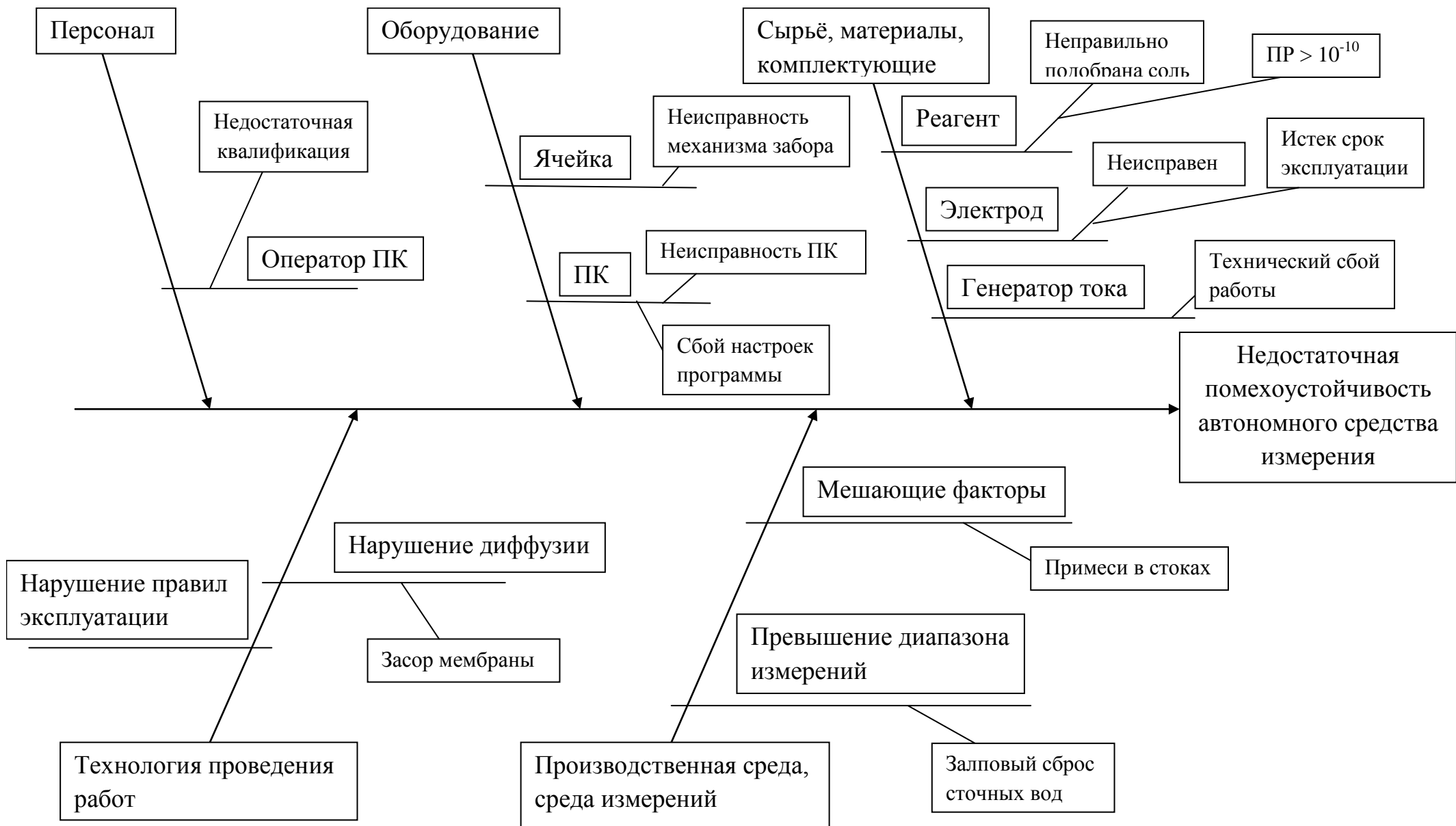


Рисунок 12 – Диаграмма Исикава

1.4. SWOT-анализ

Для объективного оценивания конкурентоспособности и перспектив развития разработки необходимо проанализировать сильные и слабые стороны, а также угрозы и возможности, которые могут повлиять на разработку. SWOT-анализ позволит сформировать направление, в котором необходимо работать, чтобы повысить конкурентоспособность научной разработки.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Для составления итоговой матрицы SWOT-анализа необходимо определить сильные и слабые стороны проекта, угрозы и возможности проекта, а также взаимную корреляцию между ними.

1. Сильными сторонами разрабатываемого проекта являются:

- автономность, т.е. дистанционное измерение (контроль) показателей исследуемого объекта;
- повышение производительности труда пользователя, так как производится экспресс-анализ контролируемых параметров, отсутствует трудоемкий и затратный по времени процесс подготовки проб;
- минимальная необходимость в человеческих ресурсах и снижение приведенной погрешности, возникающей из-за человеческого фактора, так как весь персонал – оператор ПК.

2. Слабыми сторонами проекта являются:

- недостаточная помехоустойчивость, так как выявлен ряд мешающих факторов;
- ограниченный срок эксплуатации, так как комплектующие (электрод) требуют замены по истечению срока эксплуатации.

3. Возможностью проекта является применение данного автономного средства измерения в контроле параметров технологических сред промышленных предприятий, в мониторинге природных водных объектов, а также для контроля качества воды, поступающей для потребления в

населенные пункты, и на последней стадий очистки после процесса водоотведения. Также возможность мониторинга удаленных и труднодоступных объектов.

4. Угрозой данному проекту является развитая конкуренция, так как предприятия (компании) реализующиеся в сфере предоставления экологических работ и услуг имеют тенденцию динамичного развития и постоянного внедрения новых технологий.

Результаты первого этапа SWOT-анализа предоставлены в таблице 4.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

В рамках данного этапа построена интерактивная матрица проекта, представленная в таблице 7.

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	B1	-	+	+	+	+
	B2	+	0	+	0	+
	B3	-	+	+	+	+
	B4	+	+	0	0	+
	B5	+	+	0	+	+

Результат анализа интерактивной таблицы представлен в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей:

B1C2C3C4C5; B2C1C3C5; B3C2C3C4C5; B4C1C2C5; B5C1C2C4C5.

Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта. В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе. В этом случае, возможности описаны следующим образом:

B1B2B3B4B5C5; B4B5C1C2.

В рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 8.

Таблица 8 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны: С1. Автономность С2. Повышение производительности труда С3. Простота эксплуатации С4. Экспресс-анализ С5. Уменьшение расходов	Слабые стороны: Сл1. Помехоустойчивость Сл2. Срок эксплуатации Сл3. Надежность конструкции
Возможности: В1. Непрерывный контроль В2. Мониторинг труднодоступных объектов В3. Широкий спектр контролируемых показателей В4. Появление дополнительного спроса на новый продукт В5. Импортозамещение	Разрабатываемый прототип осуществляет измерения контролируемых показателей в автономном режиме, что позволяет реализовывать мониторинг труднодоступных объектов, непрерывный контроль широкого спектра показателей и при этом быстрый результат обеспечивает значительное повышение производительности труда, также простота использования и возможность экономить на материалах обеспечивают спрос на данный продукт и реализацию импортозамещения.	Недостаточная помехоустойчивость и надежность конструкции могут в будущем снизить интерес потребителей к данной разработке, а непродолжительный срок использования ячейки не позволит заместить существующие аналоги.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии мониторинга У2. Высокая конкуренция У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции	Реализации проекта в установленные сроки могут помешать дополнительные или новые требования государственных органов надзора и контроля к процедуре сертификации. Паспортизации и поверке нового продукта, работающего непрерывно и автономно.	Недостаточная помехоустойчивость и прочность корпуса могут помешать реализации проекта на рынке, из-за существующих проверенных и более надежных аналогов.

Вывод: основной стратегией для данного научного проекта является разработка автономного средства мониторинга водных объектов ОС и жидких технологических сред, с внедрением системы учета и компенсации мешающих факторов анализируемой среды, путем введения корректирующих коэффициентов, с использованием легко заменяемых и доступных для приобретения комплектующих и реагентов, и корпусом из прочного и

устойчивого материала к разрушающим факторам ОС (коррозия, удары, активные элементы примеси), с учетом требований лицензирования и сертификации.

1.5. Оценка готовности проекта к коммерциализации

На любой стадии жизненного цикла проекта полезно оценивать степень его готовности к коммерциализации. Для этого необходимо оценить степень проработанности научного проекта и уровень имеющихся знаний у разработчика (таблица 9).

Таблица 9 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	3
2	Определены перспективные направления коммерциализации научнотехнического задела	3	3
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	2	2
4	Определена товарная форма научнотехнического задела для представления на рынок	3	2
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	1	2
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	2
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	2
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и	1	1

	выхода на зарубежный рынок		
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
Итого баллов, $B_{\text{сум}}$		30	31

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, если значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 44 до 30 – то перспективность средняя.

Вывод: Исходя из оценок степени готовности проекта к коммерциализации видно, что проект имеет среднюю степень готовности. По вопросам маркетинговых исследований, финансирования коммерциализации, необходимо привлечение в команду проекта специалистов из данных областей.

1.6. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности, преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела – выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Из возможных вариантов методов коммерциализации научных разработок, были выбраны следующие:

1. Торговля патентными лицензиями, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе.

2. Инжиниринг, как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

Вывод: выбор коммерциализации научно-технического исследования обосновывается следующими достоинствами:

- возможность проектировать и разрабатывать с учетом потребностей клиента (заказчика);
- возможность улучшить разработку и уменьшить расходы, благодаря сотрудничеству с клиентом (заказчиком);
- возможность сократить срок окупаемости;
- возможность высокой внутренней нормы доходности;
- возможность ускорить выход на новые рынки.

2. Инициация проекта

Инициация проекта состоит из процессов, которые выполняются для нового проекта или новой стадии проекта. Для этого определяются начальные цели, содержание, фиксируются ресурсы. Также определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

1. Цели и результат проекта

В данном разделе приведена информация о заинтересованных сторонах проекта (таблица 10), иерархии целей проекта и критериях достижения целей (таблица 11).

Таблица 10 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ, кафедра Экологии и БЖД	Разработка автономного средства мониторинга жидких сред, с дальнейшей возможностью проведения экспериментов на нем, и реализация проекта как продукт рынка экологических работ и услуг

В таблице 11 представлена информация о целях проекта, критериях достижения целей, а также требования к результатам проекта.

Таблица 11 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Разработка автономного средства мониторинга водных объектов ОС и жидких технологических сред
Ожидаемые результаты проекта:	Готовое устройство для проведения экспериментов и реализации как продукта рынка экологических работ и услуг
Критерии приемки результата проекта:	Технически реализованное и укомплектованное в едином корпусе устройство, имеющее вход для подключения к генератору тока и вывод в виде дифференциальной шины передачи данных
Требования к результату проекта:	Функционирующее устройство, подключаемое к рабочему месту оператора
	Функционирующее устройство, выполняющее непрерывный мониторинг контролируемых объектов, включая дистанционный контроль
	Функционирующее устройство, предоставляющее быстрый и точный результат измерений параметров исследуемой среды

Вывод:

В разделе определены заинтересованные стороны проекта, в данном случае это Кафедра Экологии и БЖД ТПУ, также рассмотрены цели проекта и критерии их достижения.

2. Организационная структура проекта

На данном этапе работы решены следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определена роль каждого участника в данном проекте, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте (таблица 12).

Таблица 12 – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, ч.
Вторушина Анна Николаевна, ТПУ, кафедра Экологии и БЖД, доцент	Научный руководитель	Консультирование, определение задач, контроль выполнения.	141.6
Башарова Александра Юрьевна, ТПУ, кафедра Экологии и БЖД, студент гр. 1ЕМ51	Студент (дипломник)	Анализ литературных источников, проведение необходимых опытов и экспериментов, представление результатов исследования	565.34
Итого:			706.94 ч.

Ожидаемая (наиболее вероятная) трудоемкость определяется по формуле:

$$t_{\text{ожид}} = (2t_{\text{max}} + 3t_{\text{min}})/5,$$

где $t_{\text{ожид}}$ — наиболее вероятное время, в течение которого должна быть выполнена работа, чел-ч;

t_{max} — максимальное время выполнения работы данного этапа при неблагоприятном стечении обстоятельств, чел-ч;

t_{min} — минимальное время выполнения работы данного этапа при благоприятном стечении обстоятельств, чел-ч.

Трудоёмкость выполнения дипломной работы (темы) складывается из трудоёмкости отдельных этапов, которые в свою очередь определяются суммой трудоёмкости отдельных работ:

$$T_{\text{темы}} = \sum T_{\text{Э}i},$$

где $T_{\text{Э}i}$ — трудоемкость каждого этапа, чел-ч.

Результаты расчета трудоемкости этапов и трудоемкости темы представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Этапы выполнения дипломной работы

№ этапа	Наименование этапа	Трудоемкость темы		
		t_{\min} , чел-ч	t_{\max} , чел-ч	$t_{\text{ожд}}$, чел-ч
1	Выдача задания	8	12	9.6
2	Изучение литературы	56	72	62.4
3	Знакомство с оборудованием	24	40	30.4
4	Освоение методики эксперимента	24	40	30.4
5	Определение оптимальных условий эксперимента	56	80	65.6
6	Определение эффективных концентраций стандартных веществ и исследуемых объектов	48	56	51.2
7	Проведение испытаний	48	72	57.6
8	Статистическая обработка данных	32	40	35.2
9	Выработка предложений с точки зрения метрологической аттестации	56	72	62.4
10	Обсуждение результатов	8	10	8.8
11	Выводы по работе	24	30	26.4
12	Оформление графического материала	40	48	43.2
13	Оформление пояснительной записки	72	96	81.6
14	Подготовка к защите	8	12	9.6
15	Защита	0.5	0.6	0.54
Итого:				574.94

На основании таблицы 13 установлено:

Трудоёмкость работ дипломника: $T_{\text{р.дипл.}}=565.34$

Трудоёмкость работ руководителя: $T_{\text{р.рук.}}=141.6$

Общая трудоёмкость дипломной работы составляет:

$$T_{\text{р.дип.р.}} = T_{\text{р.дипл.}} + T_{\text{р.рук.}}$$

$$T_{\text{р.дип.р.}} = 706.94$$

Вывод:

В разделе определены состав рабочей группы данного проекта, роль каждого участника, выполняемые функции, а также рассчитаны их трудозатраты в проекте.

3. Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

3.1. План проекта

В рамках планирования научного проекта составляется календарный график проекта, который может быть представлен в виде линейного графика. Линейный график представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Календарный план проекта

№	Название работ	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Выдача задания	2	30.01.2017	31.01.2017	руководитель
2	Изучение литературы	7	01.02.2017	07.02.2017	дипломник
3	Ознакомление с оборудованием	4	08.02.2017	11.02.2017	руководитель, дипломник
4	Освоение методики эксперимента	4	13.02.2017	16.02.2017	руководитель, дипломник
5	Определение оптимальных условий эксперимента	15	20.02.2017	06.03.2017	дипломник
6	Определение эффективных концентраций стандартных веществ и исследуемых объектов	12	07.03.2017	18.03.2017	дипломник
7	Проведение испытаний	13	01.04.2017	13.04.2017	дипломник
8	Статистическая обработка данных	8	14.04.2017	21.04.2017	дипломник
9	Выработка предложений с точки зрения метрологической аттестации	7	01.05.2017	07.05.2017	руководитель, дипломник
10	Обсуждение результатов	1	08.05.2017		руководитель, дипломник
11	Выводы по работе	6	09.05.2017	14.05.2017	дипломник
12	Оформление графического материала	10	27.05.2017	05.06.2017	дипломник

13	Оформление пояснительной записки	19	06.06.2017	24.06.2017	дипломник
14	Подготовка к защите	1	26.06.2017		дипломник
15	Защита	1	27.06.2017		дипломник

Планирование времени выполнения работы оформляем в виде линейного графика, представленного в таблице 15:

№ этапа	Наименование работ	Фронт исполнителей	Длительн., кал. дни	Месяцы					
				Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Выдача задания	руководитель	2	■					
2	Изучение литературы	дипломник	7	▨					
3	Ознакомление с оборудованием	дипломник, руководитель	4		▨				
4	Освоение методики эксперимента	дипломник, руководитель	4		▨				
5	Определение оптимальных условий эксперимента	дипломник	15			▨			
6	Определение эффективных концентраций стандартных веществ и исследуемых объектов	дипломник	12				▨		
7	Проведение испытаний	дипломник	13				▨		
8	Статистическая обработка данных	дипломник	8				▨		
9	Выработка предложений с точки зрения метрологической аттестации	дипломник, руководитель	7					▨	
10	Обсуждение результатов	дипломник, руководитель	1					▨	
11	Выводы по работе	дипломник	6					▨	
12	Оформление графического материала	дипломник	10						▨
13	Оформление пояснительной записки	дипломник	19						▨
14	Подготовка к защите	дипломник	2						▨
15	Защита	дипломник							
ИТОГО:		руководитель	18						
		дипломник	108						

Условные обозначения:

■ Руководитель

▨ Дипломник

▨ Дипломник, руководитель

3.2. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 22. Бюджет планируемых затрат составляют: затраты на сырьё и материалы, затраты, связанные с приобретением специального оборудования, затраты, которые будут составлять фонд заработной платы, а также отчисления на социальные нужды, затраты на электроэнергию и прочие расходы.

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

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода. Результаты расчета затрат на сырьё, материалы и комплектующие приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет затрат на материалы

Наименование	Кол-во	Единица изм-ий	Цена, руб.	Затраты, руб.
Азотная кислота	0.1	л.	40	4
Хлорид калия	0.4	кг.	30	12
Оксохлорид сурьмы	0.05	кг	1760	88
Вода дистиллированная	60	л.	2	120
Сульфид натрия	0.3	кг.	30	9
Глюкоза	0.3	кг.	32	9,6
Ионоселективный электрод	2	шт.	270	540
Хлоридсеребрянный электрод	1	шт.	270	270
Всего за материалы:				1 052,6 руб
Транспортно-заготовительные расходы:				52,63 руб
Итого по статье С_м:				1 105,23 руб

Вывод:

В данном разделе определены затраты на сырьё и материалы, сумма которых составила 1 105,23 руб.

2. 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. Результаты расчета затрат на сырье, материалы и комплектующие приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет затрат на спецоборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	Компьютер	1	40	40
2	УЛК Химия	1	53	53
Всего за оборудование:				93 000 руб
Затраты на доставку и монтаж:				13 950 руб
Итого по статье С_оборудование:				106 950 руб

Затраты на амортизацию оборудования

Амортизация оборудования — перенесение стоимости оборудования по частям на вырабатываемую продукцию. Амортизация оборудования определяется по формуле:

$$A = Ц \cdot F_{\text{ф}} \cdot a / F_{\text{пл}}$$

A — амортизация оборудования, руб / год; $Ц$ — первоначальная стоимость оборудования, руб; $F_{\text{ф}}$ — фактический фонд времени; $F_{\text{пл}}$ — плановый фонд времени (1000 ч/6 мес.); a — амортизационные отчисления за год (0.2).

Рассчитываем амортизацию оборудования за эксплуатационный период времени. Результаты расчета амортизации оборудования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Амортизация оборудования

Оборудование	Оптовая цена, руб.	Время занят., ч/6 мес	Затраты, руб.
Компьютер	40 000	706,94	6 503,85
УЛК «Химия»	53 000	706,94	8 617,59
Итого:			15 121,45 руб/год

Вывод:

В данном разделе определены затраты, связанные с приобретением специального оборудования, сумма затрат составляет 15 121,45 руб/год.

3. Фонд заработной платы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом. Фонд заработной платы складывается из основного и дополнительного фондов заработной платы:

$$C_{\text{общ}} = (C_{\text{осн}} + C_{\text{доп}}) * 1.2 * 1.3$$

В дополнительный фонд заработной платы входят отпускные, плата за выполнение государственных обязанностей и т.д.

$$C_{\text{доп}} = 0.12 * C_{\text{осн}} \text{ (для научных учреждений)}$$

Основная заработная плата исполнителей рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{осн}} = T_{\text{нир}} * S_{\text{н}},$$

где $S_{\text{н}}$ — средняя зар. плата,

$T_{\text{нир}}$ — трудоёмкость научного исследования.

Оплата одного человека в час рассчитывается по формуле:

$$MO = MO_{\text{тс}} * K_{\text{т}},$$

MO — основная зар.плата, руб;

$MO_{\text{тс}}$ — должностной оклад по тарифной сетке, руб / мес;

n — количество рабочих дней в месяце ($n = 22$);

$K_{\text{т}}$ — коэффициент по тарифной сетке;

$$S_{\text{н}} = MO/n,$$

Общий фонд заработной платы определяется суммой заработных плат исполнителей:

$$З = З_{\text{исп.1}} + З_{\text{исп.2}},$$

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в табл. 19.

Таблица 19 – Фонд заработной платы

Исполнитель	Разряд	K_T	$MO_{тс}$	MO	S_n	$T_{нпр}$	$C_{осн}$	$C_{доп}$	$C_{общ}$
Руководитель	15	6.0	600	3600	163.6	141.6	23170.9	2780.5	40484.184
Итого:							36 146,6	4 337,6	40484.184

Вывод:

В данном разделе определены затраты, которые составляют фонд заработной платы, в данной работе получателем заработной платы является сотрудник университета, исполняющий обязанности научного руководителя работы студента. Сумма данных затрат составляет 40 484,184 руб.

4. Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} * (C_{осн} + C_{доп})$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды. Расчет отчислений во внебюджетные фонды представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Отчисления во внебюджетные фонды

Внебюджетный фонд	Коэффициент отчислений, %	Отчисления, руб
ПФ	22	8 906.5
ФСС	2,9	1 174.04
ФФ ОМС	5,1	2 064.7
ФСС	(0,2–8,5), 1 кл – 0,2	80.968

Вывод:

В данном разделе определены затраты, которые составляют отчисления во внебюджетные фонды, сумма затрат составляет 12 226,208 руб.

5. Расчет затрат на электроэнергию

Расчет затрат на электроэнергию рассчитывается по формуле:

$$C_{эл} = U_{эл} \cdot P \cdot F_{об}$$

где $U_{эл}$ — тариф на электроэнергию, коп кВт/ч ($U_{эл} = 93$ коп кВт/ч);

P – мощность оборудования;

$F_{об}$ – время использования оборудования, ч.

Таблица 21 – Затраты на электроэнергию

Оборудование	Мощность, кВт	Время работы	Затраты, руб.
Компьютер	0.2	750	139.5
УЛК «Химия»	0.055	500	25.575
Освещение	0.32	750	223.2
Итого:			388.275

Вывод:

В данном разделе определены затраты, которые составляет оплата за электроэнергию, потребляемой оборудованием, сумма расходов – 388,275 руб.

6. Расчет затрат на прочие расходы

Затраты на прочие расходы составляют 20% от суммы затрат на сырье и материалы, электроэнергию, заработную плату сотрудников, на отчисления на социальные нужды, на амортизацию оборудования. Затраты на прочие расходы рассчитываются по формуле:

$$Z_{\text{р.проч}} = 0,20 * (C_{\text{м}} + A + C_{\text{эл}} + C_{\text{общ}} + C_{\text{внеб}})$$

где $Z_{\text{р.проч}}$ — затраты на прочие расходы, руб; $C_{\text{м}}$ — затраты на сырье и материалы, руб; A — амортизация оборудования, руб; $C_{\text{эл}}$ — затраты на электроэнергию, руб; $C_{\text{общ}}$ — сумма полных заработных плат исполнителей, руб; $C_{\text{внеб}}$ — затраты на отчисления на социальные нужды, руб.

Рассчитываем затраты на прочие расходы:

$$Z_{\text{р.проч}} = 0,20 * (1\ 105,23 + 15\ 121,45 + 388,275 + 40\ 484,18 + 12\ 226,208) = 13\ 865,07 \text{ руб.}$$

Вывод:

В данном разделе определены затраты, которые составляют прочие расходы (накладные), сумма расходов составила 13 865,07 руб.

Таблица 22 – Группировка затрат по статьям

№ п/п	Наименование статьи расходов	Сумма расходов, руб
1	Затраты на материалы и сырьё	1 105,23
2	Затраты на приобретение спец. оборудования	15 121,45
3	Фонд заработной платы, из них	40 484,18
	основной фонд	36 146,6
	дополнительный фонд	4 337,58
4	Отчисления на социальные нужды	12 226,208
5	Затраты на электроэнергию	388,275
6	Затраты на прочие расходы	13 865,07
Итоговый бюджет		83 190,413 руб

Вывод:

В данном разделе приведено отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для выполнения научного исследования, итоговая сумма всех затрат составляет 83 190,413 руб.

Итоговый вывод:

В работе требовалось определить потенциальных потребителей результатов исследований, в результате чего, было выявлено, что разработка будет иметь спрос у следующих сегментов рынка – предприятия добывающей и перерабатывающей промышленности, предприятия, осуществляющие контроль за параметрами ОС и предприятия, осуществляющие обеспечение населенных пунктов питьевой водой, и, очищающие сточную воду канализационной системы. В ходе работы был осуществлен анализ конкурентных технических решений, на основании чего было выявлено, что наиболее значимым техническим критерием оценки разрабатываемой ячейки является повышение производительности труда пользователя.

Для формирования причинно-следственных связей между проблемой и источником недоработки, была построена диаграмма Исикавы, по которой определены области проекта, нуждающиеся в дополнительных исследованиях.

Для анализа необходимости технологической доработки прототипа, был проведен SWOT-анализ, результаты которого указали на сильные и слабые стороны разрабатываемой конструкции средства мониторинга, также рассмотрены возможности и угрозы для данного проекта.

Результаты анализов построенной диаграммы и проведенного SWOT-анализа позволили определить, что проблема будет решена в рамках реализации стратегии по внедрению системы учета и компенсации мешающих факторов анализируемой среды, путем введения корректирующих коэффициентов, и разработке корпуса из прочного и устойчивого материала к разрушающим факторам ОС (коррозия, удары, активные элементы примеси).

Исходя из оценок степени готовности проекта к коммерциализации видно, что проект имеет среднюю степень готовности. По вопросам маркетинговых исследований, финансирования коммерциализации, необходимо привлечение в команду проекта специалистов из данных областей.

В разделе «Инициация проекта», определены заинтересованные стороны, в данном случае это Кафедра Экологии и БЖД ТПУ, также

рассмотрены цели проекта и критерии их достижения, также определены состав рабочей группы данного проекта, роль каждого участника, выполняемые функции, а также рассчитаны их трудозатраты в проекте.

В разделе «Планирование управления проектом» был сформирован календарный план проекта и линейный график выполнения работ, а также, в результате расчетов, сформирован бюджет научного исследования.

СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Охрана и рациональное использование водных ресурсов представляют собой важнейшую проблему в современном мире. В составе инженерных коммуникаций большинства промышленных предприятий и коммунального хозяйства населенных пунктов имеется комплекс канализационных сетей и сооружений, с помощью которых осуществляется водоотведение, предварительная и глубокая обработка сточных вод. В настоящее время процесс контроля параметров сточных вод до очистных сооружений и после очистных мероприятий проводят в основном вручную. Отбор проб, пробоподготовка, проведение анализа, обработка результатов требуют определенных временных ресурсов и высокой квалификации персонала. Перечень контролируемых параметров сточных вод достаточно широк и регламентирован нормативной документацией. Однако в связи с серьезным ужесточением требований по воздействию на окружающую среду (сброс сточных вод и т.д.) становится актуальной задача получения оперативной информации о изменении уровня негативного воздействия. Поэтому в последнее время все большее внимание уделяется разработке систем автоматизированного контроля параметров среды (воздушной, водной и т.д.).

Цель данной работы – предложить конструкцию автономного средства непрерывного мониторинга водных объектов по показателю содержания хлорид-ионов.

Целью данного раздела является выявление вредных и опасных факторов выполняемой работы и разработка мер защиты от них, оценка условий труда, микроклимата рабочей среды. В разделе также рассматриваются вопросы техники безопасности, пожарной профилактики.

1. Профессиональная социальная ответственность

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

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Дипломная работа была выполнена в помещении химической лаборатории. Данная лаборатория является помещением с повышенной электроопасностью, вследствие того, что в ней используется большое количество электрических приборов. Здесь в эксплуатации находится дорогостоящее аналитическое и компьютерное оборудование, что требует соблюдения специальных правил техники безопасности, охраны труда, правил электро – и пожарной безопасности.

Работа выполнялась с использованием современной вычислительной техники, что позволило достичь высокой эффективности процесса и уменьшения временных затрат на его проведение.

Длительная работа в помещении при повышенной или пониженной температуре и влажности воздуха, плохом освещении, а также при наличии других опасных и вредных производственных факторов неблагоприятно сказывающихся на здоровье работающего, что неизбежно влечет за собой снижение производительности труда.

Метеорологические условия рабочей среды

Метеорологические условия рабочей производственной среды рекомендуется «Гигиеническими требованиями к микроклимату производственных помещений» (СанПиН 2.2.4.548-96). Нормами установлены оптимально допустимые температуры, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха в зависимости от характера производственных помещений, времени года и категории выполняемых работ.

В соответствии с нормами в лаборатории поддерживаются следующие параметры метеорологической среды:

— температура воздуха зимой

17...22 °С

— температура воздуха летом	до 28 °С
— влажность воздуха	40...70 %
— скорость движения воздуха	0,2 м/с

Часть работы выполнялась с применением персонального компьютера (ПК). Факторы, воздействующие на оператора (СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03), приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Вредные факторы, действующие на оператора ПК

Факторы, действующие на оператора ПК		Характер воздействия
Физические	Переменное электромагнитное поле	Генерируется как системным блоком, так и монитором. Спектр излучения очень широк. Пагубное влияние на костные ткани
	Электромагнитное излучение монитора	Ухудшение зрения, повышение утомляемости, усиление аллергических реакций
	Электростатическое поле	Онкологические заболевания кожи
	Освещенность рабочей зоны	Утомляемость зрения, явление световой и темновой адаптации
	Концентрация аэроионов	Ухудшение самочувствия, ослабление умственных способностей, снижение физического тонуса
Психофизиологические	Умственное перенапряжение, напряжение зрения и внимания, монотонность труда	Обострение сердечно-сосудистых заболеваний, ослабление умственных способностей, снижение физического тонуса

Основные нормируемые величины на рабочем месте пользователя ПК:

1) электрические и магнитные поля ПК (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03):

— поверхностный электростатический потенциал $< 500 \text{ В}$;

— напряженность переменного электрического поля $f = 2 \text{ Гц} - 2 \text{ кГц} < 25 \text{ В/м}$;

— напряженность переменного электрического поля $f = 2 \text{ кГц} - 400 \text{ кГц} < 2.5 \text{ В/м}$;

— плотность потока переменного магнитного поля $\Gamma = 2 \text{ Гц}–2 \text{ кГц}$
<250нТл;

—плотность потока переменного магнитного поля $\Gamma = 2 \text{ кГц}–400 \text{ кГц}$
<25нТл;

2) показатели микроклимата — для теплого периода года — температура <23–25°С, для холодного — 22–24 С, относительная влажность 40–60 %, скорость движения воздуха 0,1 м/с, тепловое облучение 35–100 Вт/м² (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03);

3) освещенность — в зоне рабочего документа на столе 300–500 лк, яркость светящихся поверхностей, находящихся в поле зрения, <200 Кд/м², коэффициент пульсации < 5% (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03);

4) шум — уровень шума при постоянном применении ПК <50 дБА (ГОСТ 12.1.003–83);

5) уровни положительных и отрицательных аэроионов в воздухе помещений, где расположены ПЭВМ, должны соответствовать действующим санитарно-эпидемиологическим нормативам (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).

Уровни положительных и отрицательных аэроионов в воздухе помещений с ПК должны соответствовать следующим нормам:

Таблица 24 – Уровни ионизации воздуха помещений при работе с ПК

Уровни	Число ионов в 1 см ³ воздуха	
	n ⁺	n ⁻
Минимально необходимый	400	600
Оптимальный	1500–3000	3000–5000
Максимально допустимый	50000	50000

Среди технических требований к рабочему месту инженера особенно важным является требование к освещенности, которая значительно влияет на эффективность трудового процесса. Поэтому необходимо обеспечить оптимальное сочетание общего и местного освещения.

Освещение лаборатории

Одним из важнейших благоприятных условий труда является рациональное освещение помещений и рабочих мест. При правильном

освещении повышается производительность труда, улучшаются условия безопасности, снижается утомляемость организма работающих.

Самые лучшие условия для полного зрительного восприятия создает солнечный свет. Естественное освещение в лаборатории осуществляется через оконные проемы в наружных стенах. Так как в химической лаборатории производятся точные работы, то помещение относится к III разряду, согласно которому коэффициент естественного освещения КЕО равен 1,5%.

Нормы естественного освещения установлены с учетом обязательной регулярной очистки стекол световых проемов не реже двух раз в год. Учитывая, что солнечный свет оказывает благоприятное воздействие на организм человека, необходимо максимально продолжительно использовать естественное освещение.

Безопасность при работе с химическими веществами

По своим свойствам химические вещества, применяемые при проведении испытаний, весьма разнообразны.

В целях безопасности работ следует выполнять следующие правила хранения и работы с химическими веществами:

1. Низкокипящие растворители (гексан, этанол, эфир) необходимо хранить в металлических ящиках с плотно закрывающейся крышкой, находящихся вдали от нагревательных приборов, дно которых засыпано слоем песка. Сухие вещества хранят в деревянных ящиках.

2. Категорически запрещается приливать воду в кислоту, что обусловлено бурным нагревом и разбрызгиванием кислоты.

3. Пролитую кислоту сначала засыпают песком, затем его убирают, а место, где была кислота заливают водой и вытирают насухо.

4. Отработанные кислоты и щелочи следует собирать отдельно в специальную посуду и после нейтрализации сливать в канализацию.

5. Нельзя хранить горючие вещества рядом с окислителями или вблизи нагревательных приборов.

6. Банки с ядовитыми веществами запрещается держать на рабочем месте. Особо ядовитые вещества следует хранить в специальных холодных складах.

7. Перенос кислот в большом количестве разрешается в специальных корзинах, свободные промежутки в которых должны быть заполнены соломой или стружкой.

8. Сосуды, в которых проводились работы с легко воспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ) и горючими веществами (ГВ), после окончания опыта должны промываться пожаробезопасными растворами.

9. Кислоты щелочи и другие едкие вещества необходимо приливать при помощи стеклянных сифонов или пипеток с резиновыми грушами.

По токсическому действию все вещества, используемые при выполнении данной работы, можно условно разделить на несколько групп по результатам преимущественного воздействия на организм человека и внешним признакам отравления.

Токсикологическая характеристика используемых веществ указана в таблице 25.

Таблица 25 – Токсикологическая характеристика веществ

Название группы	Наименование вещества	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Действие на организм
Вещества раздражающего действия	Азотная кислота, HNO ₃	2	III	Пары вызывают раздражение дыхательных путей, при действии на кожу оставляет язвы.
	Калия хлорид, KCl	5	III	Пылевидные частицы, попадая на кожные раны, ухудшают их заживление.
	Нитрат калия, KNO ₃	5	III	Нитраты способствуют развитию патогенной (вредной) кишечной микрофлоры.
	Сульфид натрия, Na ₂ S	0.2	II	Раздражение дыхательных путей и слизистых оболочек.
	Окись сурьмы, Sb ₄ O ₅ Cl ₂	0.2	II	Отравления, головные боли, раздражительность, слабость, зуд кожи, першение в горле.

Для предотвращения отравлений необходимо все стадии анализа проводить в условиях, исключающих контакт работающих с вредными веществами. Все работы, при которых используются и выделяются токсичные вещества, следует проводить в вытяжном шкафу. Запрещается проводить такие работы при выключенной или неисправной вентиляции.

Расчет потребного воздухообмена

В рабочем помещении вредным выделением является выдыхаемая углекислота и другие пары веществ. Определение воздухообмена проводится по количеству углекислоты, выделяемой человеком и ее допустимой концентрации. Потребный воздухообмен определяется по формуле:

$$Q = (g * 1000) / (X_{вн} - X_{нар}),$$

где Q — потребный воздухообмен м³/час;

g — количество вредностей, выделяемых в воздух, мл/час;

$X_{вн}$ — предельная концентрация вредностей в помещении, мг/м³;

$X_{нар}$ — максимально возможная концентрация той же вредности в наружном воздухе.

Применяется также понятие кратности воздухообмена, которая показывает, сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменится в помещении. Кратность воздухообмена определяется по формуле:

$$n = Q / Q_{поМ},$$

где Q — потребный воздухообмен м³/час;

$Q_{поМ}$ — объем помещения, м³.

Задача: определить потребную кратность воздухообмена в общественном помещении объемом 180 м, в котором одновременно находятся три человека. Количество углекислоты, выделяемое одним человеком $g = 23$ л/час. Допустимая концентрация углекислоты в помещении $X_{вн} = 1.25$ г/м³. Содержание углекислоты в наружном воздухе для больших городов принимаем $X_{н} = 0.5$ г/м³. Поскольку избытка тепла в помещении нет, то рассчитываем лишь одну составляющую воздуха.

Потребный воздухообмен $Q = 30.7 \text{ м}^3/\text{час}$. Тогда потребная кратность воздуха $n = 0.17$. То есть, чтобы поддерживать предписываемый нормами воздухообмен, необходимо в течение часа заменять количество воздуха соответствующее 0.17 всего объема помещения.

Шумы и вибрации

Гигиенические исследования позволяют установить, что шум и вибрации ухудшают условия труда, оказывая вредное влияние на организм человека. При длительном воздействии шума на организм человека происходят нежелательные явления: снижается острота зрения, слуха, повышается кровяное давление, понижается внимание. Сильный продолжительный шум может быть причиной функциональных изменений сердечно-сосудистой и нервной систем.

Вибрации также неблагоприятно воздействуют на организм человека: они могут быть причиной функциональных расстройств нервной, сердечно-сосудистой системы, а также опорно-двигательного аппарата. При этом заболевание сопровождается головными болями, головокружением, онемением рук (при передаче вибрации на руки), повышенной утомляемостью. Длительное воздействие вибрации приводит к развитию так называемой вибрационной болезни, успешное лечение которой возможно только на ранней стадии ее развития.

В химической лаборатории источниками механического шума могут быть используемые электрических приборы. Эти виды механического шума не превышают безопасного, для здоровья работающих, уровня, регламентируемого ГОСТ 12.1.003–83.

Электробезопасность

Электробезопасность регламентирует ГОСТ 12.1.019 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.»

При выполнении работы широко применяются электроприборы: рубильники, персональный компьютер, УЛК «Химия», весы, дистиллятор.

В лабораторном помещении правила работы с электрическими приборами должны быть вывешены на видном месте. В опасных местах устанавливаются знаки безопасности, снимать которые разрешается только уполномоченному лицу.

Для обесточивания помещений должен быть один общий рубильник, от которого идет проводка к рабочим местам и распределительным щитам, рубильник должен быть закрыт защитным кожухом. Все сотрудники лаборатории должны знать, где находятся рубильник или предохранительные пробки.

При подключении к сети электроприборов с помощью обычных электророзеток и вилок, следует помнить, что в одну стационарную розетку можно подключать электроприборы общей мощностью не более 1000 Вт.

Над розетками должны быть надписи, указывающие напряжение в данной сети.

Электроприборы допускается устанавливать только во взрывобезопасных помещениях.

В случае перерыва в подаче электроэнергии электроприборы необходимо отключать от питающей сети.

В случае загорания приборов или проводов необходимо отключить их от сети и затем гасить огонь при помощи углекислотного огнетушителя, покрывала из асбеста или других материалов, прекращая доступ воздуха внутрь корпуса прибора.

Безопасной для человека является величина переменного тока – 10 мА, постоянного — 50 мА, безопасное напряжение 12В.

При прохождении электрического тока через тело человека могут возникнуть повреждения организма. Характер и последствия поражения зависят от величины, частоты и пути прохождения тока, продолжительности воздействия. При оказании первой помощи пострадавшего необходимо отсоединить от токоведущей части, одновременно защищая себя от опасности контакта с тоководами. Затем необходима госпитализация.

Пожаро – взрывоопасность

Пожаро – взрывоопасность веществ и материалов — совокупность свойств, характеризующих их способность к возникновению и распространению горения. Следствием горения может быть пожар или взрыв.

Согласно № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» рабочее место относится по функциональной пожарной опасности к классу Ф4.2 (здания образовательных учреждений высшего профессионального образования и дополнительного профессионального образования (повышения квалификации) специалистов).

Работники лаборатории обязаны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения.

1.2. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Для уменьшения риска травматизма и несчастных случаев на рабочем месте, перед началом работ был проведен вводный инструктаж:

1. по электробезопасности
2. по пожарной безопасности (использование средств пожаротушения)

Инструктаж был засвидетельствован в журнале по технике безопасности и действителен в течение одного года.

Организация рабочего места способствовала наиболее эффективному выполнению каждого конкретного раздела работ. Техническая исправность и безопасность использования, применяемого оборудования регулярно проверялись квалифицированными специалистами.

Метеорологические условия рабочей среды

Для обеспечения нормальных метеорологических условий и поддержания теплового равновесия между теплом человека и окружающей средой в лаборатории проводится ряд мероприятий основными из которых являются:

- устройство защитных экранов;
- обеспечение работающих спецодеждой.

Для удаления избыточного тепла и влаги используется устройство общеобменной вентиляционной системы; в холодное время года вводится центральное отопление.

Освещение лаборатории

В утреннее и вечернее время в качестве системы освещения применяется комбинированное освещение. Для нормальной работы в лаборатории необходимо обеспечить освещенность $E = 300$ люкс [СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03].

Безопасность при работе с химическими веществами

Обязательным является наличие спецодежды (халат) и средств индивидуальной защиты (перчатки, очки, противогаз марки А), нейтрализующих и дегазирующих растворов, аптечки доврачебной медицинской помощи.

Во время работы створки вытяжного шкафа должны быть закрыты, их поднимают на высоту не более 30 см так, чтобы в шкафу находились только руки работающего. Работы с концентрированными кислотами и щелочами необходимо проводить в защитных очках и перчатках.

Шумы и вибрации

Снизить уровень шума в помещении можно использованием звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63–8000 Гц для отделки помещений (разрешенных органами и учреждениями Госсанэпиднадзора России), подтвержденных специальными акустическими центрами.

Электробезопасность

Для защиты людей от поражения электрическим током применяют следующие меры:

— Все токоведущие части должны быть надежно изолированы. Исправность изоляции должна проверяться не реже 1 раза в год в сырых помещениях, как это определяют правила технической эксплуатации электроустановок.

— Обеспечение недоступности токоведущих частей достигается устройством механических ограждений, блокировок и расположением частей в недоступном месте.

— Защитное заземление и зануление электроустановок.

— При работе на электроустановках следует применять защитные средства: резиновые перчатки, коврики, боты.

— Наличие инструкций, плакатов и обучение персонала правилам электробезопасности.

Пожаро - взрывоопасность

Лаборатория должна быть оснащена первичными средствами пожаротушения: двумя огнетушителями, ящик с песком и двумя накидками из огнезащитной ткани.

2. Экологическая безопасность

2.1. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Увеличивающееся влияние деятельности человека на окружающую среду стало одной из важнейших проблем, стоящих перед наукой.

Существует два подхода к проблеме защиты окружающей среды:

— Всеми технически доступными способами очищать вредные выбросы

— Создать замкнутую безотходную технологическую систему.

Для химической лаборатории применим первый путь. Выбросы в атмосферу состоят из газов: HCl, CO₂, NH₃, SO₂ и других, а также из паров органических кислот, ангидридов, спиртов, растворителей, эфиров. Для таких выбросов существуют следующие методы очистки: для первой группы - адсорбционные, электрохимические; для второй — адсорбционные методы с последующей десорбцией и сжиганием паров.

2.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Так как в условиях работы в лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются небольшим содержанием газов и паров, то можно ограничиться только адсорбцией. Для этого в лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки, поверх которых уложен слой

адсорбента. В качестве поглотителя наиболее часто используют активированный уголь. Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, легко отделяется от вредных газов и паров органических кислот, спиртов и других растворителей.

Все сбросы в канализацию необходимо также обезвредить и подвергнуть очистке. Для этих целей отработанные кислоты и щелочи следует собирать отдельно в специальную посуду, герметично закупоренную, которую по мере заполнения удаляют из лаборатории для регенерации или уничтожения.

Сточные воды также содержат органические вещества и неорганические соли. Эти стоки условно можно отнести к промышленным водам, подлежащим биологической очистке.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

Чрезвычайные ситуации (ЧС) – происшествие техногенного, экологического происхождения, заключающееся в резком отклонении от нормы протекающих процессов или явлений и оказывающих значительное отрицательное воздействие на жизнедеятельность человека, функционирование экономики, социальную среду и природную среду.

Чрезвычайные ситуации классифицируют:

- по сфере возникновения (экологические, техногенные и др.);
- по ведомственной сфере (строительные, транспортные);
- по характеру явлений и процессов (пожар, взрыв);
- по масштабу последствий (локальные, глобальные);
- по сложности и тяжести последствий.

При выполнении дипломной работы в химической лаборатории не используются огне- и взрывоопасные вещества.

В случае использования огне- и взрывоопасных веществ необходимо соблюдение правил, которые регламентируются в ГОСТ 12.1.010–76 «ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования», так как неправильное обращение с

ними, а именно работа вблизи открытого огня либо горячей электрической плитки может привести к возникновению пожара. В этом случае необходимо отключить вентиляцию вытяжного шкафа и все работающие электроприборы, убрать все горючие вещества в безопасное место. Водой можно тушить только растворимые в ней вещества (спирты). Для тушения нерастворимых в воде веществ (гексан) используют порошковые огнетушители ОП–10, песок или асбестовое одеяло. Загоревшиеся деревянные предметы тушат водой, песком или огнетушителем ОХВП-10, которые имеются в лаборатории. В случае пожара эвакуация людей производится согласно плану эвакуации.

Также большую опасность представляет небрежное обращение с концентрированными неорганическими кислотами и щелочами. В случае разлива кислоты пролитую кислоту сначала засыпают песком, затем его убирают, а место, где была кислота, заливают водой и вытирают досуха.

Другую опасность представляет отключение вентиляции вытяжного шкафа без ведома работающих. Тогда все вредные пары поступают в лабораторию, и может произойти массовое отравление людей. Поэтому при обнаружении такого рода происшествя следует: прекратить все работы под тягой; срочно проветрить помещение; оказать помощь пострадавшим; вызвать монтера.

Непосредственно в лаборатории могут возникнуть взрыв оборудования и пожар. Причиной взрыва может стать разгерметизация, искра, удар молнии.

Причиной пожара в помещении может быть:

— короткое замыкание, перегрузки и большие переходные сопротивления; а так же источником возгорания может оказаться неисправность и неправильная эксплуатация электроприборов.

— износ и коррозия оборудования и др.

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

На случай возникновения чрезвычайной ситуации разработан следующий комплекс мероприятий:

- рассредоточение и эвакуация;
- укрытие людей в защитных сооружениях;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;
- организация медицинской помощи пострадавшим.

В чрезвычайной обстановке особенно важное значение имеют сроки эвакуации людей за пределы зон возможного поражения или разрушений. В наиболее короткие сроки эвакуацию можно провести комбинированным способом, который заключается в том, что при его применении массовый вывод населения пешим порядком сочетается с вывозом некоторых категорий населения всеми видами имеющегося транспорта.

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства, характерные для рабочей зоны

Одним из факторов комфортности рабочей среды является организация рабочего места. Рабочее место — это часть помещения лаборатории, имеющая площадь и объем, достаточный для размещения сотрудника и необходимого оборудования. Рабочее место должно соответствовать ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя».

4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 при компоновке рабочего места, должны быть соблюдены следующие условия:

- 1) рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество
- 2) рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте
- 3) рабочее место должно соответствовать техническим требованиям и санитарным нормам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной работы был проведен анализ рынка по существующим средствам мониторинга водных сред по показателю содержания хлорид-ионов рассмотрены методы определения и контроля хлорид-ионов в водных объектах.

В работе приведена конструкция ячейки для осуществления мониторинга водных объектов, которая отличается от существующих аналогов тем, что в качестве электрода сравнения и рабочего электрода применяются идентичные ионоселективные электроды на хлорид-ион. Раствор, в котором находится электрод сравнения, соединен с исследуемой средой пористой мембраной, которая не допускает перемешивание растворов.

Также рассмотрено влияние мешающих факторов – температуры и содержание сульфидов, проведены анализ стабильности результатов измерений и проверка результатов измерений предложенной ячейкой методом «введено-найденно».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

- Автоматизированный контроль содержания хлорид-ионов в сточных водах / Башарова А.Ю. // Материалы XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и Химическая технология в XXI веке» / Томск, 25-29 мая 2015 г. – ТПУ. В 2 томах. – Том 2. – Томск: Изд. ТПУ, 2015. – 149 – 151 с.
- Автоматизация определения концентрации хлорид-ионов в водных объектах методом ионометрии / Башарова А.Ю. // Сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». В 3 т. Т. 3 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 482 с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков/ Д.А. Кривошеин, П.П. Кукин, В.Л. Лапин – М.: Высшая школа, 2003. – 344 с.
2. ФЗ №219 «О внесении изменений в ФЗ «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты РФ»: Федеральный закон от 21.07.2014 // Собрание законодательства. – 2014.
3. Инженерная защита водной среды/Ветошкин А. Г. Учебное пособие. – СПб.: Изд. «Лань», 2014. – 416с.
4. Экологический мониторинг природных, питьевых и сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ingecros.ru>.
5. СанПиН 4630-88 «Охрана поверхностных вод от загрязнения».
6. СНиП 2.04.03.85 «Канализация. Наружные сети и сооружения».
7. СНиП 3.05.04.85* «Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации» (переиздание СНиП 3.05.04.85 с изменением №1).
8. Хлориды в воде [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sistemyochistkivody.ru>.
9. Техника защиты окружающей среды/Родионов А. И., Клушин В. Н., Торочешников Н. С. Учебник для вузов. 2-е изд. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
10. Источники загрязнения гидросферы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecology-education.ru>.
11. Хлориды в воде [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sistemyochistkivody.ru>.
12. Справочник инженера-эколога/ А.И. Булатов, П.П. Макаренко, В.Ю. Шеметов – Изд-во «Недра», 1999. – Ч.1. Вода. – 732 с.
13. Электрохимические методы анализа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eurolabinstrument.ru>.
14. Основы электрохимии/ Кубасов В.Л., Зарецкий С.А. – М.: Химия, 1985. – 168 с.
15. Электрохимия/Дамаскин Б.Б., Петрий О. А., Цирлина Г.А. – М.: Химия, 2006 – 672 с.

16. В.И.Паращенко, О.Ю.Мозилина, Е.В.Прудникова. Инструментальные методы определения содержания микропримесей азота, хлора и серы в нефти и нефтепродуктах // III Всероссийская научная конференция «Химия и химическая технология на рубеже тысячелетий» – С. 213–215.
17. Л.С. Егорова, Ю.П. Бобина. Тест- методы определения активного хлора в водах – Химия – УДК 543.3
18. Автоматический анализатор низких концентраций хлоридов в воде // Thermo scientific / Техническое описание [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.technoanalyt.ru/chemical_monitoring.
19. Автоматический хлоридомер ХА-06 // Thermo scientific / Техническое описание [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.vodoanaliz.ru/HA-06-hloridomer-avtomaticheskii.html>.
20. Е.В. Пименова. Химические методы анализа в мониторинге водных объектов // «Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова» / Кафедра экологии – 2011.
21. 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.
22. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 01.10.1996 N 21).
23. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
24. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (с Изменением №1).
25. Строительные нормы и правила СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78) (с изменениями и дополнениями).

26. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. 2.2.1/2.1.1. Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий, планировка и застройка населенных пунктов. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
27. Постановление Минтруда РФ от 22 июля 1999 г. N 26 "Об утверждении типовых отраслевых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам химических производств".
28. Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды".
29. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях.
30. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Раздел

Выполненный на иностранном языке

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM51	Башарова Александра Юрьевна		

Консультант кафедры _____:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Дайнекина Наталья Викторовна			

AUTOMATION OF MEASURED PARAMETER MEASUREMENTS

The ionometry method was chosen, to solve the problem of automating the control of the chloride ion content in aqueous media.

The method of ionometry is a variant of potentiometric analysis in which the activity of an ion in a solution is directly measured. Measurements are made using a pair of electrodes immersed in the solution being analyzed. One of the electrodes is a measuring electrode (ion-selective), the other is a reference electrode. In the ionometry method, beforehand, using a solution of known concentration, the electrode is calibrated. Experimentally determine the dependence of its potential on the concentration of the potential-determining ion. The potential of a solution with an unknown concentration of the detectable ion is then measured, and its content is found from the calibration graph.

To construct the calibration curve used with the ion-selective electrochemical cell sensor and reference electrode (silver chloride electrode with a salt bridge). The concentrations of the calibration solutions are given in Table. 1.

Table 1 – Concentrations of chloride ions in calibration solutions

The calibration solution	
Code	Concentration, mg / dm ³
GR - 1	1000.0
GR-2	300.0
GR - 3	100.0
GR-4	30.0
GR-5	10.0

The calibration graph is shown in Figure 1.

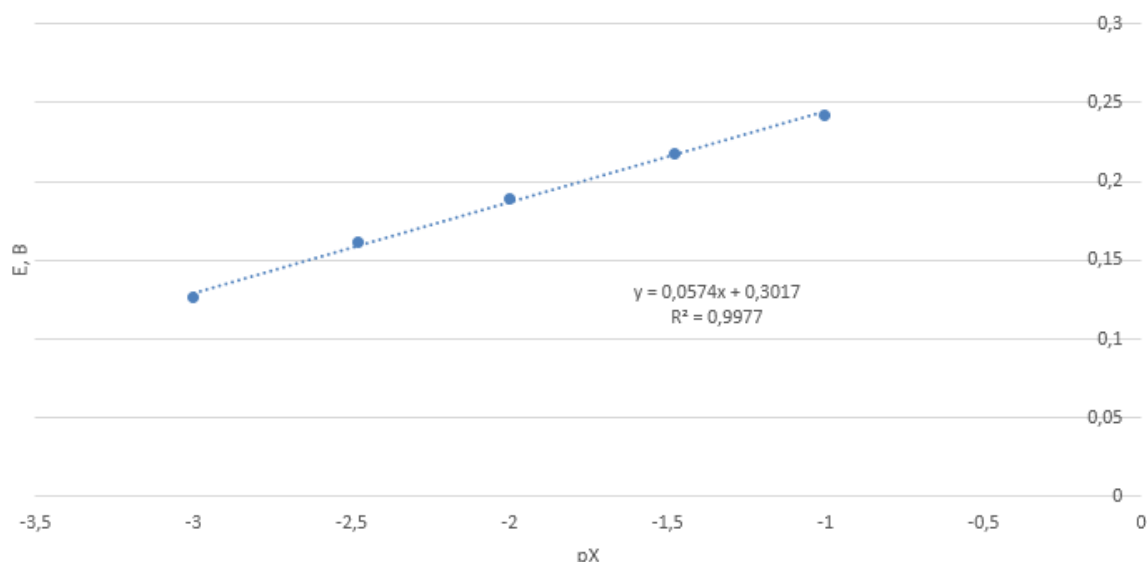


Figure 1 – Dependence of the potential on the concentration of chloride ions

The graph is plotted in coordinates $\lg C - E$. To determine the measurement results, according to the calibration graph there is $\lg C$ and the concentration of chloride ions is calculated:

$$PX = - \lg C.$$

The disadvantage of this cell is the use of a silver chloride electrode provided with a salt bridge as a reference electrode. With prolonged operation, its potential changes as a result of a decrease in chloride ion concentration in the electrode, and the use of a salt bridge is very inconvenient.

In this paper, we consider the possibility of determining the concentration of chloride ions in aqueous media by means of a device containing an immersed sensor of a measuring ion-selective electrode installed in the housing and an auxiliary reference electrode. As the reference electrode, an identical measuring ion-selective electrode is used.

To verify the identity of the measurement results of the two electrodes, a calibration graph for the auxiliary electrode was also constructed. The graph is shown in Figure 2.

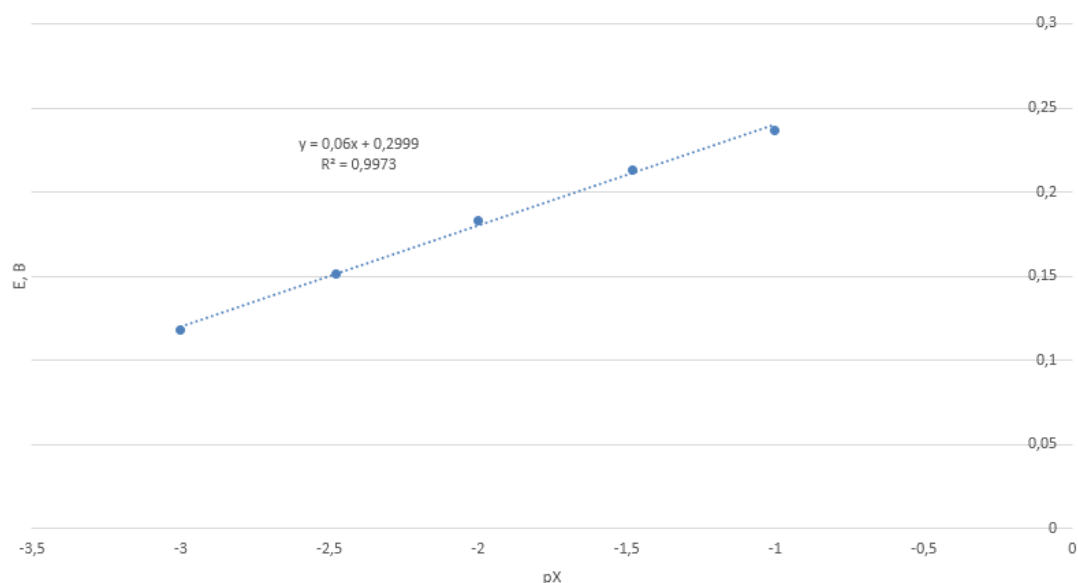


Figure 2 – Dependence potential on the concentration of chloride ions for the auxiliary electrode

From the foregoing dependency it can be concluded that, as used in the electrodes provide the same results, since the values of the coefficients b (slope angle graph) are close in value.

To test the efficiency of a cell containing two identical electrodes, one of which is measuring, and the other of comparison, a calibration graph was constructed (Figure 3) and a comparison was made with the previous graphs (Figure 1, 2).

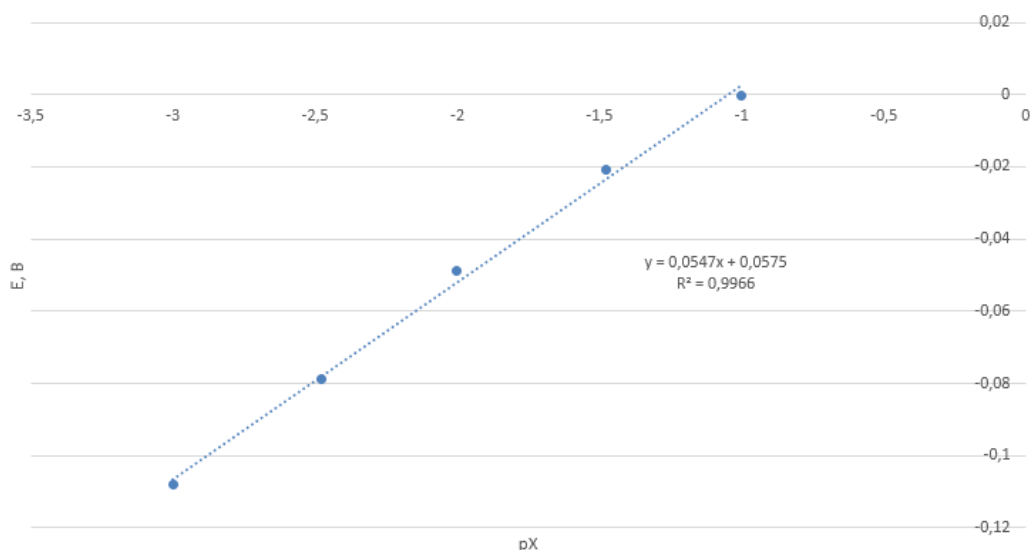


Figure 3 – Dependence of the potential on the concentration of chloride ions for the two ion-selective electrodes

As a result of comparison of these graphs, it can be concluded that this cell design is applicable for monitoring the content of chloride ions in the test solution.

The potential of the reference electrode should be constant, so the ion-selective electrode is placed in a solution of a low-soluble chloride-containing compound having a constant concentration of chloride ions. To verify the reliability of the results, a comparative analysis of the three graphs is performed (Figure 4).

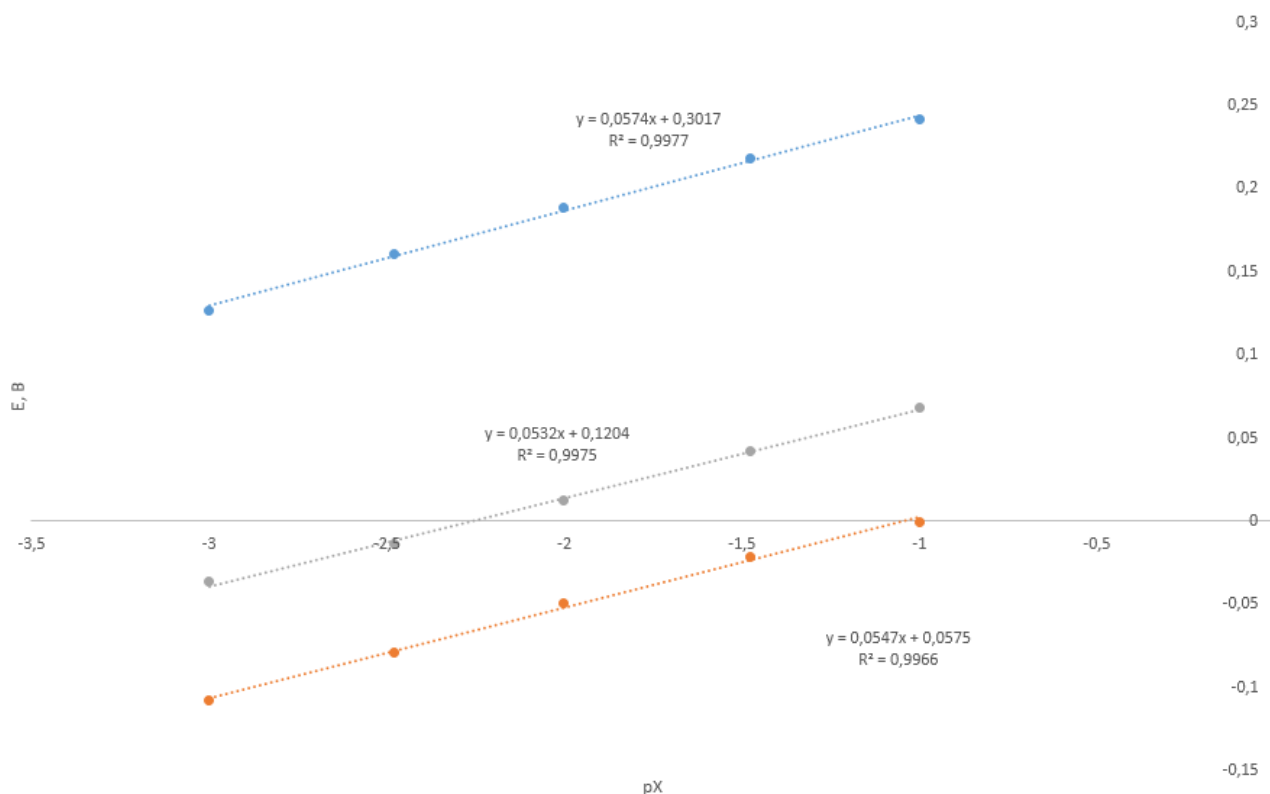


Figure 4 – Dependence of the potential on the concentration of chloride ions:

1. Chloride-silver and ion-selective electrodes;
2. Two ion-selective electrodes;
3. Two ion-selective electrodes with a sparingly soluble chloride-containing compound

According to the tests carried out, the potential difference E between the measuring electrode and the reference electrode depends linearly on the pX analyzed medium, with a determination coefficient of 0.999, which indicates a low measurement error.

The device works in the following way: when it immerses in the analyzed medium, a potential proportional to the value of chloride ion concentration appears on the measuring ion-selective electrode. The reference reference electrode also has a potential. Since the ion-selective electrode is placed in a solution of a poorly soluble chloride-containing compound having a constant concentration of chloride ions, its

potential is constant. The porous membrane eliminates the mixing of the medium to be analyzed and the solution of a sparingly soluble chloride-containing compound having a constant concentration of chloride ions, determined by the solubility product of the salt used.

The potential of an ion-selective electrode depends linearly on the concentration of chloride ions:

$$E_{is} = E_{is}^0 + b * pX,$$

where:

E_{is}^0 – standard potential of an ion-selective electrode;

$b = RT / Fn$ – is a coefficient that depends on temperature; N is the number of electrons participating in the process;

$pX = -\lg C$, C – is the concentration of chloride ions.

Then the potential of the measuring electrode is:

$$E_{is.1} = E_{is.1}^0 + b * pX_{\text{environment}}$$

The potential of the reference electrode is:

$$E_{is.2} = E_{is.2}^0 + b * pX_{\text{standard}}$$

Since the indicator electrode and the reference electrode are of the same type, $E_{is.1}^0$ and $E_{is.2}^0$ match. Thus, the difference between the potentials of the indicator electrode and the reference electrode, measured by the secondary measuring transducer, is determined by the following relationship:

$$E = b * (pX_{\text{environment}} + pX_{\text{standard}})$$

Since the solution of an insoluble chloride-containing compound having a constant concentration of chloride ions has a known concentration of chloride ions, it is not necessary to calibrate the electrodes in a series of solutions with different concentrations of chloride ions.

Coefficient b is the only parameter used in the recalculation potential E in pX . Calibration of a device for measuring the concentration of chloride ions with ion-

selective electrodes can be performed at one point. For this purpose the device is immersed in the medium to be analyzed with the known value of the concentration of chloride ions and measuring the potential difference between the measurement value of the ion-selective electrode and the auxiliary reference electrode - E . After that the coefficient b is calculated:

$$b = \frac{E}{\text{pX}_{\text{environment}} - \text{pX}_{\text{standard}}}$$

The main factor influencing b , is the temperature influence of which can be taken into account in the secondary transmitter. In order to take into account the interfering effect of temperature, studies have been conducted, as a result of which graphs of the dependence of the measured potential on the temperature of solutions with the same concentration (Figure 5) and different concentrations (Figure 6).

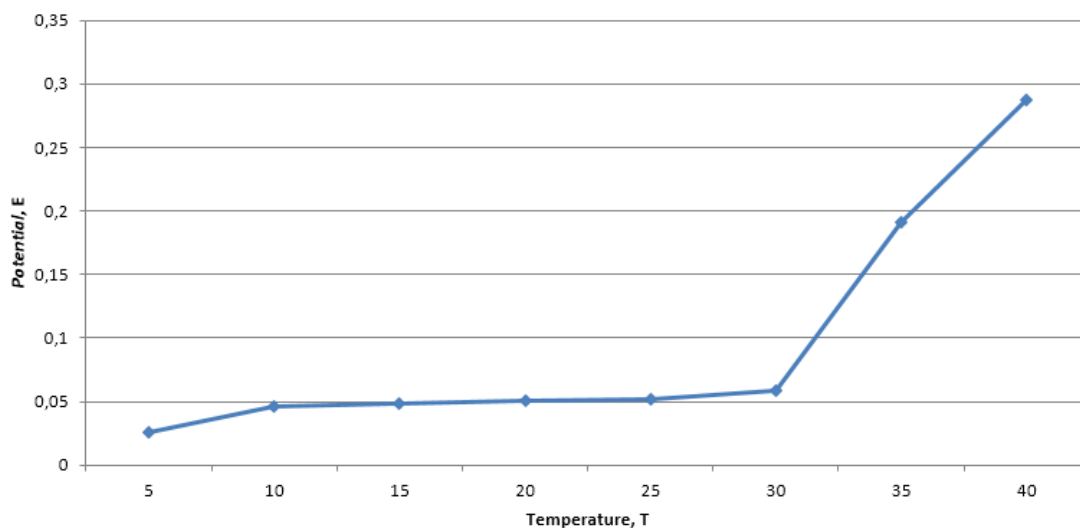


Figure 5 – Dependence of the measured potential on the solution temperature at $C_{CL} = 300 \text{ mg / l}$

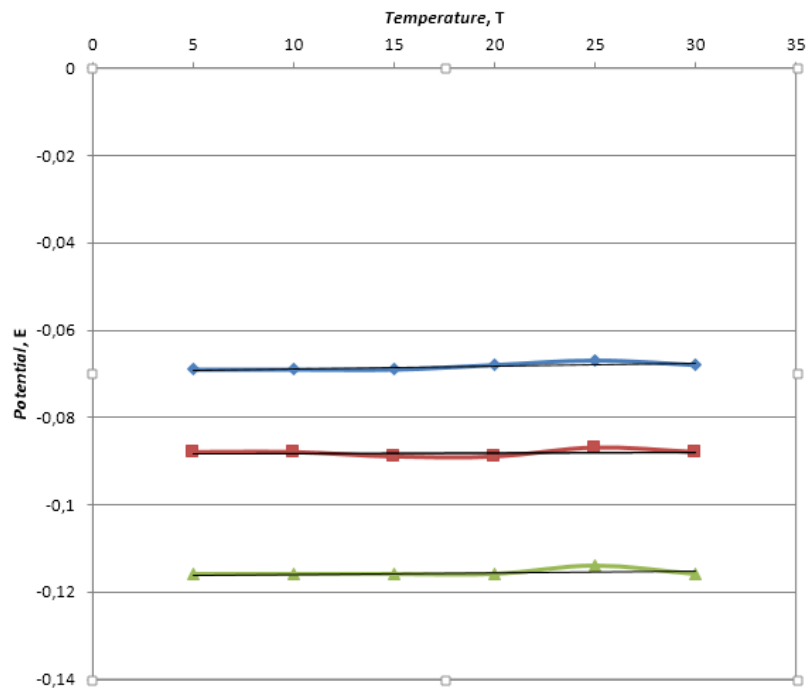


Figure 6 – Dependence of the measured potential of the solution at a temperature:

1. $C_{CL} = 100 \text{ mg / l}$; 2. $C_{CL} = 300 \text{ mg / l}$; 3. $C_{CL} = 500 \text{ mg / l}$

From the above dependences, it can be concluded that the temperature has the same effect on solutions with different concentrations of chloride ions. Measurement error indicator controlled concentration significantly increases at a temperature of the aqueous medium more than 30°C .

The presence of sulfide ions and organic compounds interferes with the determination of the concentration of chloride ions. For example, a potentiometric analysis with a control solution, with a constant concentration of chloride ions, with the addition of a solution, with a certain concentration of sulfide ions, shows a change in the potential, i.e. Change in chlorine activity in EMF. With an increase in the concentration of sulfide ions, with an unchanged concentration of chloride ions, leads to an increase in the measurement error (Figure 7-10).

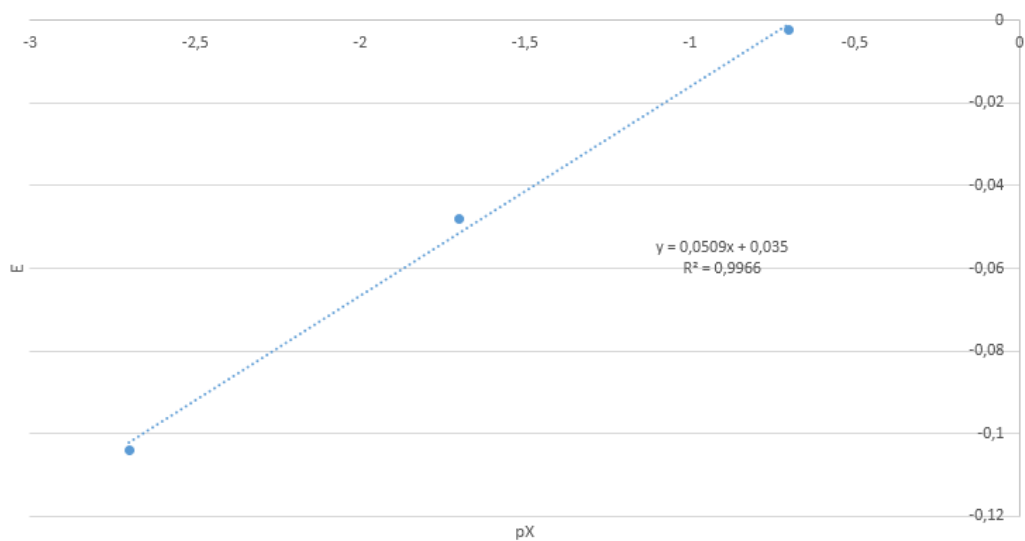


Figure 7 – The dependence of the potential on the concentration of chloride ions (blank samples)

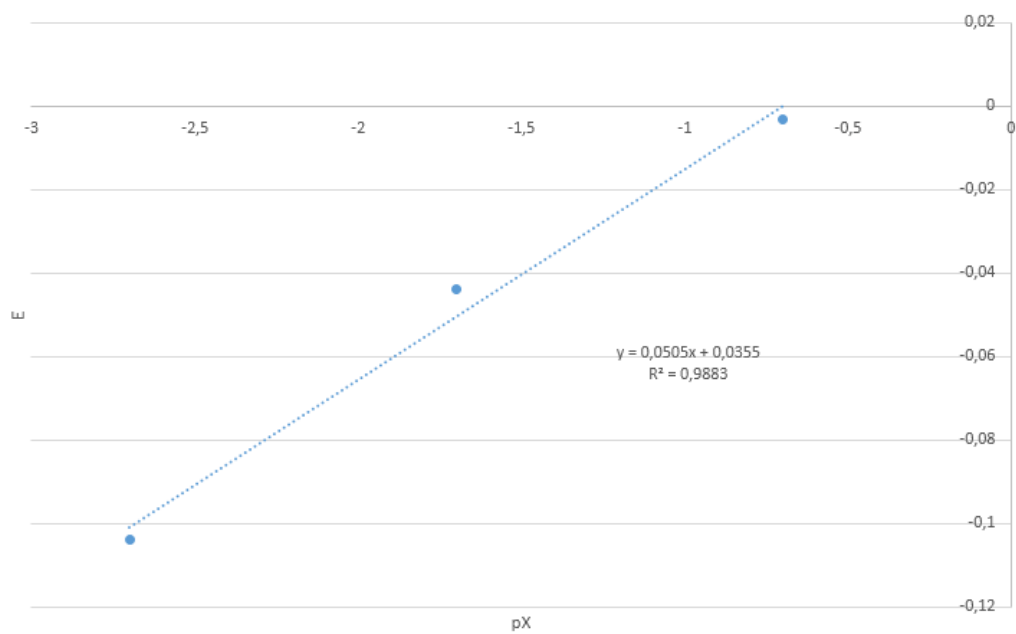


Figure 8 – The dependence of the capacity on the concentration of chloride ions ($C_s = 5 \text{ mg/l}$)

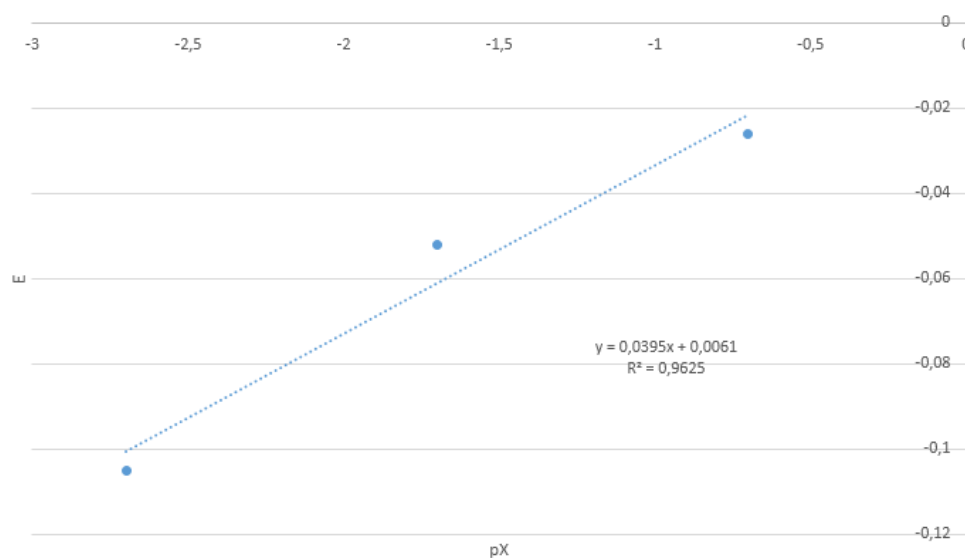


Figure 9 – The dependence of the capacity on the concentration of chloride ions ($C_s = 50 \text{ mg / l}$)

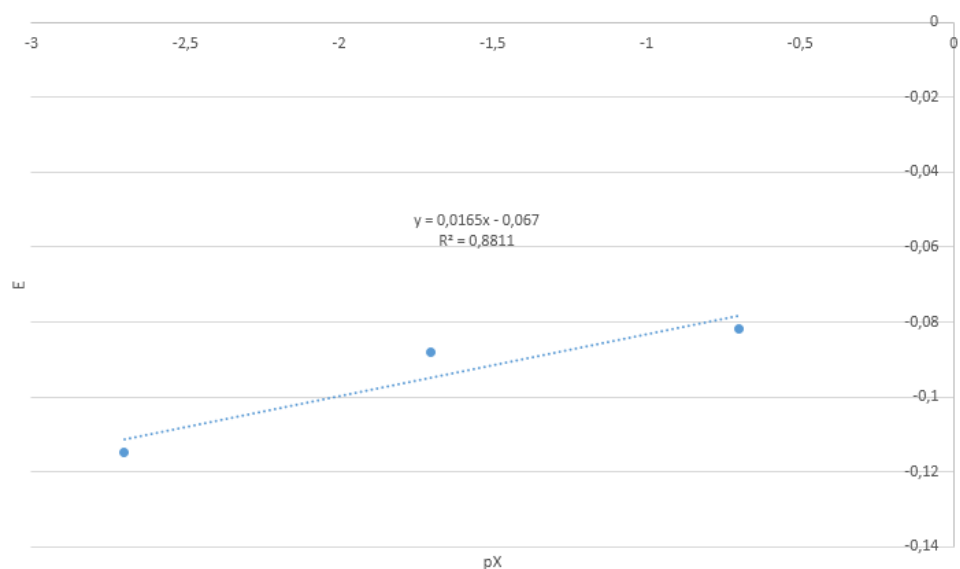


Figure 10 – The dependence of the capacity on the concentration of chloride ions ($C_s = 500 \text{ mg / l}$)

During the research, the signal stability of the system with two chloride-selective electrodes (working and comparison) was tested. The results are shown in Figure 11.

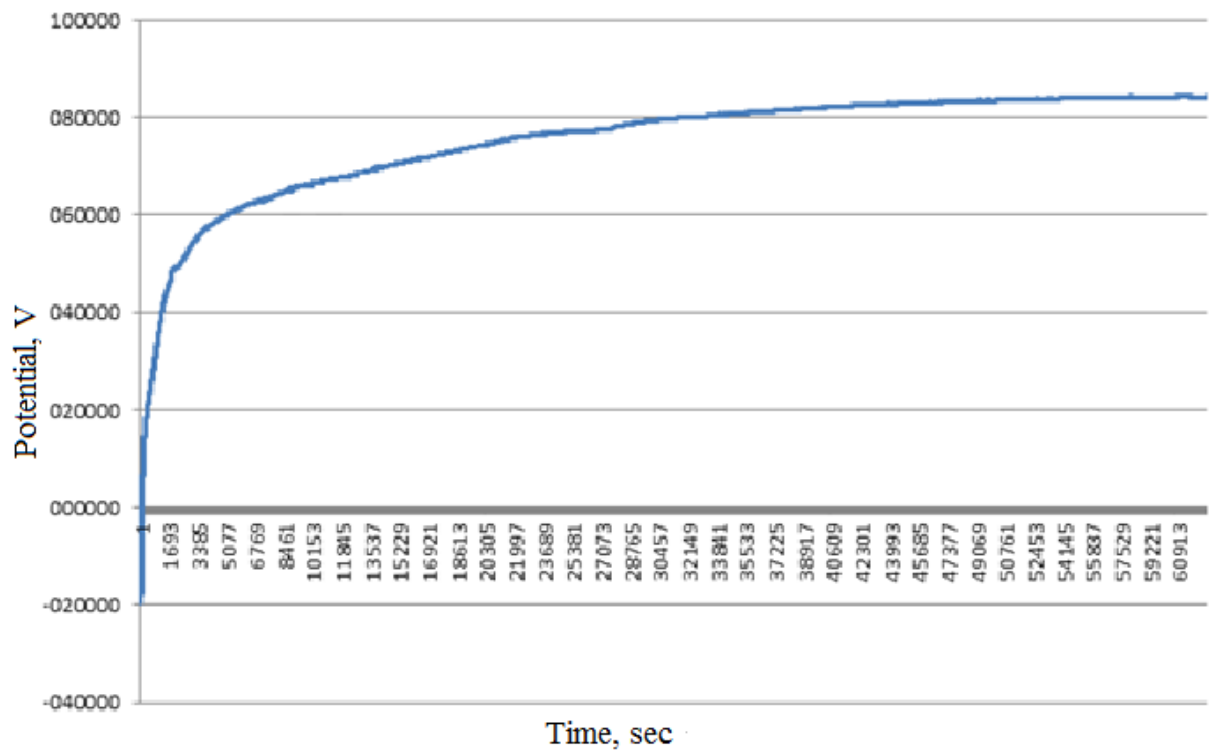


Figure 11 – Stability of measurement results